

Edgar Augusto Hernández Rodas.

PROYECTO PARA APLICACIÓN DE PAVIMENTO RÍGIDO EN CAMINO  
RURAL DE TERCER ORDEN QUE CONDUCE DE ALDEA PACHAJ HACÍA  
ALDEA URBINA, CANTEL, QUETZALTENANGO.



Asesor General Metodológico:  
Ingeniero Agrónomo Carlos Alberto Pérez Estrada.

Universidad Rural de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Guatemala, noviembre 2022.

Informe final de graduación.

PROYECTO PARA APLICACIÓN DE PAVIMENTO RÍGIDO EN CAMINO  
RURAL DE TERCER ORDEN QUE CONDUCE DE ALDEA PACHAJ HACÍA  
ALDEA URBINA, CANTEL, QUETZALTENANGO.



Presentado al honorable tribunal examinador por:

Edgar Augusto Hernández Rodas

En el acto de investidura previo a su graduación como Licenciado en Ingeniería  
Civil con énfasis en Construcciones Rurales.

Universidad Rural de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Guatemala, noviembre 2022.

Informe final de graduación.

PROYECTO PARA APLICACIÓN DE PAVIMENTO RÍGIDO EN CAMINO  
RURAL DE TERCER ORDEN QUE CONDUCE DE ALDEA PACHAJ HACÍA  
ALDEA URBINA, CANTEL, QUETZALTENANGO.



Rector de la Universidad:

Doctor Fidel Reyes Lee

Secretario de la Universidad:

Licenciado Mario Santiago Linares García

Decano de la Facultad de Ingeniería:

Ingeniero Luis Adolfo Martínez Díaz

Universidad Rural de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Guatemala, noviembre 2022.

Esta tesis fue presentada por el autor,  
previo a obtener el título universitario de  
Licenciado en Ingeniería Civil con énfasis  
en Construcciones Rurales.

## **Prólogo.**

Como parte del programa de graduación y en cumplimiento con lo establecido por la Universidad Rural de Guatemala, se realizó una propuesta sobre “Proyecto para aplicación de pavimento rígido en camino rural de tercer orden que conduce de aldea Pachaj hacía aldea Urbina, Cantel, Quetzaltenango”.

Previo a optar al título universitario de Ingeniería Civil con énfasis en Construcciones Rurales en el grado académico de Licenciatura, por lo que fue necesario realizar la investigación con elementos de diferentes instituciones viales, así como profesionales de la municipalidad del área.

Existen razones prácticas para llevar a cabo la investigación:

- a. Servir como fuente de consulta para estudiantes y profesionales que requieran información sobre el tema de estudio.
- b. Ser aplicable como alternativa de solución para otra localidad en condiciones similares.
- c. Proponer una solución práctica basada en los conocimientos de obra civil adquiridos en las clases universitarias.

El propósito fundamental de la presente investigación es facilitar la transitabilidad del camino rural que conecta las áreas de estudio, por lo cual, es necesario implementar y dotar de un documento específico que contenga alternativas de solución al problema encontrado.

### **Presentación.**

Este trabajo de graduación del nivel de licenciatura se presenta con el título “Proyecto para aplicación de pavimento rígido en camino rural de tercer orden que conduce de aldea Pachaj hacía aldea Urbina, Cantel, Quetzaltenango”. Éste hace un abordaje sobre la situación al investigar las condiciones de tránsito sobre el camino rural que conecta las zonas de estudio.

Por lo que el presente informe es presentado a través de la investigación de sus causas, sus efectos y posibles soluciones, esto permitió corroborar el aumento de incidentes y accidentes viales por transitabilidad deficiente como consecuencia principal de faltar proyecto para aplicación de pavimento rígido.

Como medio para solucionar la problemática se propuso establecer estrategias que orienten y guíen correctamente a las autoridades correspondientes en función de la implementación de un proyecto de obra civil para mejorar las condiciones del camino el cual consiste en la aplicación de pavimento rígido.

La actividad investigativa que se realizó sirve como aporte para reducir la cantidad de incidentes y accidentes viales. De igual forma, se presenta la formación para la unidad ejecutora, a la que corresponde la materialización y evolución de la propuesta en general.

## Índice general.

<b>Número.</b>	<b>Contenido.</b>	<b>Página.</b>
	Prólogo	
	Presentación	
I.	INTRODUCCIÓN.....	1
I.1	Planteamiento del problema.....	2
I.2	Hipótesis .....	3
I.3	Objetivos .....	3
I.3.1	General.....	3
I.3.2	Específicos .....	4
I.4	Justificación .....	4
I.5	Metodología.....	5
I.5.1	Métodos .....	5
I.5.2	Técnicas .....	8
II.	MARCO TEÓRICO .....	9
II.1	Aspectos conceptuales.....	9
III.	COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS.....	69
IV.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	80
IV.1	Conclusiones .....	80
IV.2	Recomendaciones .....	81
	BIBLIOGRAFÍA.	
	ANEXOS.	

## Índice de cuadros.

<b>Número.</b>	<b>Contenido.</b>	<b>Página.</b>
Cuadro 1.	Categorías de tránsito para la selección de espesores .....	45
Cuadro 2.	Clasificación de la subrasante de acuerdo con su resistencia.....	46
Cuadro 3.	Valores de resistencias a la flexotracción del concreto (Módulo de rotura).....	47
Cuadro 4.	Resumen de normas de calidad para pavimentos.....	65
Cuadro 5.	Personas que consideran que existe incremento en la cantidad de incidentes y accidentes sobre camino rural de tercer orden que conduce de aldea Pachaj hacía aldea Urbina.....	70
Cuadro 6.	Tiempo presentándose incremento en la cantidad de incidentes y accidentes sobre camino rural de tercer orden del área de estudio .....	71
Cuadro 7.	Incremento de incidentes y accidentes sobre camino rural de tercer orden del área de estudio (expresado en cantidad de casos) .....	72
Cuadro 8.	Dificultades por incremento en la cantidad de incidentes y accidentes sobre camino rural de tercer orden del área de estudio .....	73
Cuadro 9.	Posibilidad de reducir la cantidad de incidentes y accidentes sobre camino rural de tercer orden del área de estudio.....	74
Cuadro 10.	Existencia de proyecto para aplicación de pavimento rígido en camino rural de tercer orden del área de estudio .....	75
Cuadro 11.	Necesidad de implementar proyecto para aplicación de pavimento rígido en camino rural de tercer orden del área de estudio.....	76
Cuadro 12.	Acciones a contemplar para implementar proyecto para aplicación de pavimento rígido en camino rural de tercer orden del área de estudio.....	77
Cuadro 13.	Calidad de vida de habitantes de la zona perjudicada por falta de proyecto para aplicación de pavimento rígido en camino rural de tercer orden .....	78
Cuadro 14.	Planificación para implementar proyecto para aplicación de pavimento	

rígido en camino rural de tercer orden del área de estudio ..... 79

### **Índice de figura.**

<b>Número.</b>	<b>Contenido.</b>	<b>Página.</b>
	Figura 1. Camino rural entre las localidades españolas de Láchar y Cijuela (provincia de Granada) .....	30
	Figura 2. Sección típica de un pavimento .....	34

## Índice de gráficas.

<b>Número.</b>	<b>Contenido.</b>	<b>Página.</b>
	Gráfica 1. Personas que consideran que existe incremento en la cantidad de incidentes y accidentes sobre camino rural de tercer orden que conduce de aldea Pachaj hacía aldea Urbina.....	70
	Gráfica 2. Tiempo presentándose incremento en la cantidad de incidentes y accidentes sobre camino rural de tercer orden del área de estudio .....	71
	Gráfica 3. Incremento de incidentes y accidentes sobre camino rural de tercer orden del área de estudio (expresado en cantidad de casos) .....	72
	Gráfica 4. Dificultades por incremento en la cantidad de incidentes y accidentes sobre camino rural de tercer orden del área de estudio .....	73
	Gráfica 5. Posibilidad de reducir la cantidad de incidentes y accidentes sobre camino rural de tercer orden del área de estudio.....	74
	Gráfica 6. Existencia de proyecto para aplicación de pavimento rígido en camino rural de tercer orden del área de estudio .....	75
	Gráfica 7. Necesidad de implementar proyecto para aplicación de pavimento rígido en camino rural de tercer orden del área de estudio.....	76
	Gráfica 8. Acciones a contemplar para implementar proyecto para aplicación de pavimento rígido en camino rural de tercer orden del área de estudio.....	77
	Gráfica 9. Calidad de vida de habitantes de la zona perjudicada por falta de proyecto para aplicación de pavimento rígido en camino rural de tercer orden .....	78
	Gráfica 10. Planificación para implementar proyecto para aplicación de pavimento rígido en camino rural de tercer orden del área de estudio .....	79

## **I. INTRODUCCIÓN.**

El presente informe investigativo y titulado de ingeniería civil en el grado académico de licenciatura, se elaboró para dar solución a la problemática identificada en camino rural de tercer orden que conduce de aldea Pachaj hacía aldea Urbina, Cantel, Quetzaltenango, sobre la difícil transitabilidad en tramo vial, por lo que fue preciso realizar el estudio del problema, su causa y efectos, con la finalidad de proponer la implementación de un proyecto de pavimentación rígida para mejorar las condiciones de esta vía en general.

El contenido consta de dos tomos, el primero se divide en: cuatro capítulos que se identifican con números romanos; capítulo uno (I) contiene la introducción, planteamiento del problema, hipótesis, objetivos (general y específico), metodología (métodos y técnicas); capítulo dos (II) está conformado por el marco teórico (aspectos conceptuales).

El capítulo tres (III) incluye la comprobación de la hipótesis, donde se muestra la tabulación y descripción gráfica de los datos obtenidos en las encuestas, el capítulo cuatro (IV) está conformado por las conclusiones y recomendaciones. Estos capítulos son seguidos del apéndice bibliográfico.

Los anexos son: 1) formato dominó, 2) árbol de problemas, hipótesis y árbol de objetivos 3) diagrama del medio de solución, 4) boleta de investigación efecto, 5) boleta de investigación causa, 6) cálculo de la muestra, 7) cálculo del coeficiente de correlación, 8) cálculo de la proyección lineal sin proyecto.

El segundo tomo consiste en presentar a manera de síntesis la información y datos más relevantes de la investigación, asimismo, anexar el planteamiento de la propuesta

de solución, la matriz de estructura lógica del trabajo investigativo y el presupuesto general de propuesta.

### **I.1 Planteamiento del problema.**

El presente informe sobre infraestructura vial, tiene origen en el incremento de incidentes y accidentes viales en camino rural de tercer orden que conduce de aldea Pachaj hacia aldea Urbina, Cantel, Quetzaltenango, por difícil transitabilidad, producto de no contar con un proyecto para aplicación de pavimento rígido; esta problemática se ha percibido en los últimos cinco años y ha perjudicado el tránsito tanto a los usuarios regulares como a los no habituales del camino.

El incremento en la cantidad de incidentes y accidentes sobre este camino rural, se refiere a que cada vez son más habituales los percances viales, tales como colisiones vehiculares, caídas en motocicletas, empotramiento, atascamiento y deslizamiento de vehículos, así como el atropellamiento de peatones y en algunos casos animales domésticos; lo que significa un tramo vial más inseguro para los usuarios, por ende, el tránsito normal de la zona se ha visto perjudicado lo cual interfiere con la actividad comercial de las localidades que dependen de esta vía.

Este efecto se ha percibido por la difícil transitabilidad en camino rural del área, ya que en la actualidad se cuenta con un tramo de terracería sin un plan de mantenimiento preventivo, por lo que es común el apareamiento de baches, hundimientos, derrumbes y zanjas por escorrentía pluvial que se agravan durante en la época de lluvias, además de que durante la época seca la cantidad de polvo es un obstáculo de los usuarios.

Toda esta situación se presenta como consecuencia de no contar con proyecto para aplicación de pavimento rígido, con el que se mejore la infraestructura vial del tramo vial y se facilite la transitabilidad de esta.

Al proponer que se implemente esta propuesta, se pretende que las autoridades pertinentes cuenten con una solución inmediata al problema encontrado y se logre contar con un camino rural en óptimas condiciones.

## **I.2 Hipótesis.**

Se pudo establecer la hipótesis del problema como parte del trabajo de investigación en camino rural de tercer orden que conduce de aldea Pachaj hacía aldea Urbina.

### **Hipótesis causal.**

El incremento en la cantidad de incidentes y accidentes sobre camino rural de tercer orden que conduce de aldea Pachaj hacía aldea Urbina, Cantel, Quetzaltenango, durante los últimos 5 años, por difícil transitabilidad, se debe a la inexistencia de proyecto para aplicación de pavimento rígido.

### **Hipótesis interrogativa.**

¿Será la inexistencia de proyecto para aplicación de pavimento rígido la causante del incremento en la cantidad de incidentes y accidentes sobre camino rural de tercer orden que conduce de aldea Pachaj hacía aldea Urbina, Cantel, Quetzaltenango, durante los últimos 5 años, por difícil transitabilidad?

## **I.3 Objetivos.**

El desarrollo de la investigación conllevó el planteamiento de los objetivos: general y específico, los cuales conforme la investigación avance deben alcanzarse para comprobar la veracidad de la hipótesis y la forma de solucionar la problemática.

### **I.3.1 General.**

Disminuir cantidad de incidentes y accidentes sobre camino rural de tercer orden que conduce de aldea Pachaj hacía aldea Urbina, Cantel, Quetzaltenango.

### **I.3.2 Específico.**

Mejorar transitabilidad en camino rural de tercer orden que conduce de aldea Pachaj hacía aldea Urbina, Cantel, Quetzaltenango.

### **I.4 Justificación.**

En la actualidad, en camino rural de tercer orden que conduce de aldea Pachaj hacía aldea Urbina, Cantel, Quetzaltenango, se reportaron un total de 9 accidentes e incidentes viales, esta es una cantidad mayor de percances de la reportada hace cinco años, solo se presentaron 3 percances, esto repercute en la seguridad de los habitantes del área, puesto que transitar por el área en cualquier tipo de vehículo se ha vuelto una actividad riesgosa pero de absoluta necesidad para abastecerse y trabajar.

Con base a los datos de los últimos cinco años, se deduce que los incidentes y accidentes viales incrementan en un 4.8% al año, esto por la difícil transitabilidad del tramo vial del área, consecuencia de faltar un proyecto para aplicación de pavimento rígido.

Esta situación tenderá al incremento de los incidentes y accidentes viales en este camino rural en los siguientes cinco años de no tomar medidas necesarias para contrarrestar la problemática, las proyecciones indican que la cantidad de percances reportados para el año 2026 serán 17.

Por lo cual es sumamente importante ejecutar como solución del problema una propuesta para la construcción de una carretera de tipo pavimento rígido con la que se ofrecerá mayor seguridad a los pilotos, tripulantes y transeúntes mientras transitan por el camino. Con este proyecto no solo se pretende salvar vidas sino también preservar el patrimonio de los usuarios al reducirse daños materiales, esto a su vez promovería el desarrollo social y económico de la comunidad.

Resulta indispensable para el bienestar generalizado de las familias la ejecución de esta propuesta de pavimentación rígida del camino de la zona de estudio, y así reducir la cantidad de accidentes en un 20% anual, lo que implica un total de 3 percances para el año 2026.

## **I.5 Metodología.**

Los métodos y técnicas empleadas para la elaboración del presente trabajo de graduación, se expone a continuación:

### **I.5.1 Métodos.**

Los métodos utilizados variaron en relación con la formulación de la hipótesis y la comprobación de la misma; así: Para la formulación de la hipótesis, el método utilizado fue esencial el método deductivo, el que fue auxiliado por el método del marco lógico para formular la hipótesis y los objetivos de la investigación, diagramados en los árboles de problemas y objetivos, que forman parte del anexo de este documento.

Para la comprobación de la hipótesis, el método utilizado fue el inductivo, que contó con el auxilio de los métodos: estadístico, análisis y síntesis.

La forma del empleo de los métodos citados se expone a continuación:

#### **1.5.1.1 Métodos y técnicas utilizadas para la formulación de la hipótesis.**

Para la formulación de la hipótesis se utilizó el método deductivo como medio principal de investigación, el cual permitió conocer aspectos generales y específicos en camino rural de tercer orden que conduce de aldea Pachaj hacia aldea Urbina, Cantel, Quetzaltenango. Las técnicas utilizadas fueron:

a) Observación directa. Esta se realizó directamente sobre el camino del área de estudio, a cuyo efecto se observó las malas condiciones del tramo vial, confirmándose así el riesgo constante que supone el paso de vehículos y motocicletas, así como el de los peatones; se examinó también sobre las principales causas del problema, por último, las acciones implementadas por las autoridades municipales y comunitarias para dar solución al problema.

b) Investigación documental. Esta técnica se utilizó a efectos de determinar si se poseían documentos similares o relacionados con la problemática a investigar, a fin de no duplicar esfuerzos en cuanto al trabajo académico que se desarrolló; así como, para obtener aportes y otros puntos de vista de otros investigadores sobre la temática citada. Los documentos consultados se especifican en el acápite de bibliografía, que fueron obtenidos a través de las fichas bibliográficas utilizadas en el transcurso de la revisión documental.

c) Entrevista. Una vez formada una idea general de la problemática, se procedió a entrevistar a los profesionales de las instituciones de supervisión de tramos viales, así como los profesionales de la municipalidad, a efectos de poseer información más precisa sobre la problemática identificada.

Con la situación más clara sobre la problemática de difícil transitabilidad en camino rural de tercer orden y con la utilización del método deductivo, a través de las técnicas anteriormente descritas, se procedió a la formulación de la hipótesis, a cuyo efecto se utilizó el método del marco lógico, que permitió encontrar la variable dependiente e independiente de la hipótesis, además de definir el área de trabajo y el tiempo que se determinó para desarrollar la investigación.

La hipótesis formulada de la forma indicada dice: “el incremento en la cantidad de incidentes y accidentes sobre camino rural de tercer orden que conduce de aldea

Pachaj hacía aldea Urbina, Cantel, Quetzaltenango, durante los últimos 5 años, por difícil transitabilidad, se debe a la inexistencia de proyecto para aplicación de pavimento rígido”.

El método del marco lógico permitió también, entre otros aspectos, encontrar el objetivo general y el específico de la investigación; asimismo facilitó establecer la denominación del trabajo.

#### **I.5.1.2 Métodos y técnicas empleadas para la comprobación de la hipótesis.**

Para la comprobación de la hipótesis, el método principal utilizado, fue el método inductivo, con el que se pudo obtener resultados específicos o particulares de la problemática identificada; lo cual sirvió para diseñar conclusiones y premisas generales, a partir de tales resultados específicos o particulares.

A este efecto, se utilizaron las técnicas que se especifican a continuación:

a) Encuestas. Previo a desarrollar la entrevista, se procedió al diseño de boletas de investigación, con el propósito de comprobar las variables dependiente e independiente de la hipótesis previamente formulada. Las boletas, previo a ser aplicadas a población objetivo, sufrieron un proceso de prueba, con la finalidad, de hacer más efectivas las preguntas y propiciar que las respuestas proporcionaran la información requerida después de ser aplicada.

b) Determinación de la población a investigar. En atención a este tema, se decidió efectuar la técnica del censo estadístico para evaluar tanto la población efecto (variable Y), como la población causa (variable X); se hizo uso de esta técnica, puesto que las poblaciones identificadas se componían únicamente de 15 y 7 elementos respectivamente, con lo que se establece que el nivel de confianza para la comprobación de los dos casos será del 100 % y el margen de error de 0 %.

Después de recabar la información contenida en las boletas, se procedió a tabularlas; para cuyo efecto se utilizó el método estadístico y el método de análisis, que consistió en la interpretación de los datos tabulados en valores absolutos y relativos, obtenidos después de la aplicación de las boletas de investigación, que tuvieron como objeto la comprobación de la hipótesis previamente formulada.

Una vez interpretada la información, se utilizó el método de síntesis, a efecto de obtener las conclusiones y recomendaciones del presente trabajo de investigación, el que sirvió además para hacer congruente la totalidad de la investigación, con los resultados obtenidos producto de la investigación de campo.

### **I.5.2 Técnicas.**

Las técnicas empleadas, tanto en la formulación como en la comprobación de la hipótesis, se expusieron anteriormente; pero éstas variaron de acuerdo con la etapa de la formulación de la hipótesis y a la comprobación de esta; así:

Como se describió en el apartado (1.5.1 Métodos), las técnicas empleadas en la formulación fueron: La observación directa, la investigación documental y las fichas bibliográficas; así como la entrevista a las personas relacionadas directamente con la problemática.

Por otro lado, la comprobación de la hipótesis, se utilizó la encuesta y el censo.

Como se puede advertir fácilmente, la encuesta estuvo presente en la etapa de la formulación de la hipótesis y en la etapa de la comprobación de esta. La investigación documental, estuvo presente además de las dos etapas indicadas, en toda la investigación documental y especialmente, para conformar el marco teórico.

## **II. MARCO TEÓRICO.**

Esta recopilación investigativa pertenece al apartado teórico y documental de autores que han explicado y generado una base científica que ayuda a entender mejor el tema y generar propuesta de solución. Con la finalidad de desarrollar el presente capítulo, fueron objeto de consulta autores nacionales y extranjeros, medios de comunicación visual y escrito, para así sustentar las definiciones conceptuales.

### **II.1. Aspectos conceptuales.**

#### **Incidentes.**

Es un suceso que ocurre en el momento menos esperado, es una situación en la que se pierde el control al prestar un servicio, o puede causar que este se suspenda o reduzca de calidad. (ITIL, 2012).

Los incidentes pueden coincidir con un “problema conocido” (fallo sin un origen conocido) o con un “error conocido” (fallo con origen conocido) bajo el control de la gestión de problemas y registrado en la base de datos de errores conocidos, en cualquier de estos casos el conductor no puede evitar que ocurra. (ITIL, 2012).

La búsqueda de la solución al ocurrir un incidente vial, involucran determinar algunas estrategias de resolución de problemas si estos no son muy complicados, en el caso de que tener acceso a ellas por parte del servicio técnico permitirá una mayor velocidad a la hora de resolverlas, pues ellos son especialistas en el tema y cuentan con el conocimiento y las herramientas necesarias. Si un incidente no es el resultado de un problema conocido o un error conocido, es un fallo puntual del cual puede ser necesario comenzar una gestión de problemas, de forma que este incidente quede registrado para futuras referencias. (ITIL, 2012).

Los incidentes son el resultado de fallos o errores en la infraestructura TI. La causa de los incidentes puede ser aparente y puede ser solucionada sin necesidad de

inversiones futuras, mediante una reparación o una petición de cambio para solventar el error. (ITIL, 2012).

Al considerar que un incidente grave, o se visualizan múltiples casos similares, se debe crear el registro de un problema, este no es registrado sino persiste varias veces. La gestión y el protocolo de un problema es diferente a la de los incidentes, pues requiere de otro equipo de trabajo y se controla mediante la gestión de problemas. (ITIL, 2012).

Identificar el problema no necesariamente se refiere a conocer que sucede en realidad, menos la solución. El problema se convierte en un “problema conocido”, al identificar la causa del problema, éste pasa a ser un “error conocido” y ser manejado con una petición de cambio que puede ser realizada para solventar el error. A partir de este punto, el proyecto es competencia de la gestión del cambio. (ITIL, 2012).

Por lo que a una petición de un nuevo servicio no se le puede clasificar como incidente, está debe ser nombrada como petición de cambio. (ITIL, 2012).

### **Accidentes.**

Accidente es un suceso no planeado y no deseado que provoca un daño, lesión u otra incidencia negativa sobre un objeto o sujeto. Para tomar esta definición, se debe entender que los daños se dividen en accidentales e intencionales (o dolosos y culposos). El accidente es la consecuencia de una negligencia al tomar en cuenta los factores de riesgo o las posibles consecuencias de una acción tomada. (Robertson, 2015).

La amplitud de los términos de esta definición obliga a tener presente que los diferentes tipos de accidentes se hallan condicionados por múltiples fenómenos de carácter imprevisible e incontrolable. El sentido más común de la palabra hace

referencia a acciones involuntarias que dañan a seres humanos. En este sentido, el grupo que genera mayor mortalidad es el de los accidentes de tránsito. (Robertson, 2015).

Es posible clasificar los accidentes de distintas maneras según dónde ocurran. De esta manera se puede hablar de los accidentes hogareños (como una quemadura con aceite en la cocina), los accidentes de tránsito (dos coches que chocan en la calle) o los accidentes laborales (un obrero de la construcción que tropieza y se cae de un andamio). (Taylor, Easter, & Hegney, 2006).

Esta última acepción da lugar a mucha controversia en el ámbito empresarial, ya que la contratación en negro supone la ausencia de un seguro de riesgos de trabajo. Gracias a la desinformación, la mejor amiga de los explotadores, millones de empleados no saben que se considera accidente de trabajo a aquel que tiene lugar tanto mientras se encuentran en su puesto como durante el viaje de ida a la oficina y de vuelta al hogar. (Taylor, Easter, & Hegney, 2006).

**Tipos de accidentes.** Existen varios tipos de accidentes, entre los que se encuentran: (Hernández, Valdés, & García, 2007).

1. Accidentes en el hogar: intoxicaciones, quemaduras, torceduras, herida, etc.
2. Accidentes en el trabajo: quemaduras, congelamiento, inmersión, electrocución, entre otros.
3. Accidentes de tránsito: colisión, atropellamientos, volcaduras, bala perdida entre otros.
4. Accidentes en el campo: caídas, ataque por animales, incendios, entre otros.
5. Accidentes en la infancia: los más frecuentes son las caídas, los producidos durante el transporte, las intoxicaciones y las quemaduras.
6. Accidentes en la escuela: caídas, heridas.

7. Accidentes en hospitales: caídas, intoxicación.

8. Accidentes por animales: picaduras, heridas, lesiones, intoxicaciones.

### **Accidentes e incidentes viales.**

Un accidente de tráfico o tránsito, colisión/incidente/siniestro vial o automovilístico, entre otros términos similares, es un evento que ocurre al colisionar un vehículo contra uno o más sectores de la vialidad (otro vehículo, peatón, animal, escombros del camino) u otra obstrucción como un poste, un edificio, un árbol, entre otros. (Pérez, 2016).

Estos accidentes a menudo resultan en daños materiales (daños a los vehículos involucrados o al objeto investido), daños humanos (lesiones de diversa gravedad, discapacidad o muerte), así como costos financieros tanto para la sociedad como para las personas involucradas. (Pérez, 2016).

Los accidentes no son aleatorios ni imprevisibles, y usualmente están acompañados por corresponsabilidades, como pueden ser ajenas al conductor (falta de señalización adecuada, carencia de iluminación en las calles, falla mecánica del vehículo, la mala construcción o el mal estado de una calle/avenida), así como propios del o los conductores en cuestión (no respetar las señales de tránsito, conducir en estado de ebriedad u otros efectos de estupefacientes, distracciones como utilizar el celular mientras se maneja, conducir a exceso de velocidad, realizar maniobras peligrosas, entre otras acciones). (Tabasso, 2009).

Si bien, en la mayoría de los accidentes no se generaliza la culpabilidad, aunque no hay intención de lastimar, hay culpa. Por ejemplo, un conductor en estado de ebriedad atropella peatones por accidente, sin embargo, sabe que es ilegal manejar en ese estado, así como el hecho de estar en estado etílico reduce sus capacidades de

maniobra, por lo que el accidente vial deja de ser impredecible por lo tanto inevitable. (Gonzalez Gonzalez, 2011).

**Tipos de accidentes de tránsito.** Puede hablarse de incidente involuntario al referirse a la parte pasiva de la acción, es decir, a quien se involucra en un siniestro de tránsito sin poder evitarlo. Porque, salvo la intervención de la naturaleza, o a procesos orgánicos fisiológicos del ser humano, gran parte de los siniestros son prevenibles y evitables. (Abbas, Hefny, & Abu-Zidan, 2011).

Un porcentaje menor de ellos se debe a fallas de fabricación de vehículos, lo cual no excluye atribuirles un "error humano consciente". Posteriores investigaciones de estos "incidentes" han corroborado esta afirmación. Los hechos de tráfico tienen diferentes escalas de gravedad, el tipo más grave se considera aquel del que resultan víctimas mortales, bajándose la escala de gravedad si existen heridos graves, heridos leves, y el que origina daños materiales a los vehículos afectados. (Abbas, Hefny, & Abu-Zidan, 2011).

También pueden clasificarse los accidentes al número y tipo de vehículos involucrados, según esta categoría podríamos clasificar los accidentes en las siguientes categorías: (Abbas, Hefny, & Abu-Zidan, 2011).

- a. Salidas de la vía, vuelco y pérdida de control.
- b. Arrollamientos (atropellamientos).
- c. Colisiones (choques) entre dos vehículos.
- d. Colisiones múltiples o en cadena.

**Causas.** Siempre hay una causa desencadenante que produce un hecho vial, que se puede agravar de forma considerable si por él resultan afectadas otras personas, además de la persona que lo desencadena. Asimismo, un accidente puede verse

agravado si no se ha hecho uso adecuado de los medios preventivos que no lo evitan, pero reducirían su gravedad. Por ejemplo, no llevar ajustado el cinturón de seguridad o no llevar puesto el casco si se conduce una motocicleta o bicicleta. Las causas de los accidentes suelen ocurrir principalmente por los siguientes factores: (Bartl & Hager, 2006).

**1. Factor humano:** el factor humano es la causa del mayor porcentaje de accidentes de tránsito. Pueden convertirse en agravantes a la culpabilidad del conductor causante, según la legislación de tránsito de cada país. (Bartl & Hager, 2006).

- a. Conducir bajo los efectos del alcohol (mayor causalidad de hechos viales), medicinas y estupefacientes.
- b. Realizar maniobras imprudentes y de omisión por parte del conductor.
- c. Efectuar adelantamientos en lugares prohibidos (Choque frontal muy grave).
- d. Desobedecer las señales de tránsito, por ejemplo pasar un semáforo con luz roja o no detenerse frente a una señal de alto.
- e. Circular por el carril contrario (en una curva o en un cambio de rasante).
- f. Conducir a exceso de velocidad (produciéndose vuelcos, salida del automóvil de la carretera, derrapes).
- g. Usar inadecuadamente las luces del vehículo, especialmente en la noche.
- h. Condiciones no aptas de salud física y mental/emocional del conductor o del peatón (ceguera, daltonismo, sordera, etc.).
- i. Peatones que cruzan por lugares de riesgo con la intención de lastimarse a sí mismos, lanzan objetos resbaladizos al carril de circulación (aceites, piedras).
- j. Inexperiencia del conductor al volante.
- k. Fatiga del conductor como producto de la apnea o falta de sueño.
- l. Conducir distraído por usar el móvil al conducir, entre otras.

**2. Factor mecánico:** (Bartl & Hager, 2006).

- a. Vehículo en condiciones no adecuadas para su operación (sistemas averiados como frenos, dirección, neumáticos o suspensión).
- b. Mantenimiento inadecuado del vehículo.
- c. Fallas súbitas (estallido de neumáticos, desprendimiento de piezas, rotura de correas del motor, etc.).

**3. Factor climatológico y otros:** (Bartl & Hager, 2006).

- a. Niebla, humedad, derrumbes, zonas inestables, hundimientos.
- b. Semáforo que funciona incorrectamente.
- c. Condiciones de la vía (grietas, huecos, obstáculos sin señalización).

**Consecuencias.** Existen una cantidad de posibles consecuencias que resultan de un accidente de tránsito, ya sea por un pequeño roce o por un choque de gran escala. Los hechos viales ocasionan numerosos costes sociales, no solo en pérdida de vidas sino también en forma de lesiones temporales o permanentes a personas involucradas en accidentes de tráfico. (Begault, 2017).

Además, frecuentemente las lesiones permanentes acarrear fuertes costes económicos tanto al estado, como a las compañías aseguradoras como a los individuos que los padecen. Se estima que, a principios del siglo XXI, cada año se producen entre 1,5 y 2 millones de muertos por causa de accidentes de tráfico, y en muchos países desarrollados constituye la principal causa de muerte entre los menores de 25 años. (Begault, 2017).

Actualmente Bangkok es la ciudad con más accidentes de tránsito del mundo. En América Latina la Ciudad de Vadalcardar tiene el mayor número de muertes en carretera, se estima que por hora mueren 2,1 personas y otras 130 resultan heridas. (Begault, 2017).

La siniestralidad o peligrosidad tiene que ver con la probabilidad de ocurrencia de accidentes en un determinado tramo de carretera, un determinado tipo de vehículo o un grupo determinado de conductores. Por otra parte, la vulnerabilidad tiene que ver con la posible ocurrencia de daños en caso de ocurrencia de accidente. Los elementos de seguridad pasiva y seguridad activa de los vehículos modernos se han previsto para disminuir la vulnerabilidad de las personas involucradas en accidentes. (Begault, 2017).

En la mayor parte de países desarrollados se ha observado, en gran parte por la mejora de la seguridad de los vehículos, que el riesgo mortal por accidente ha disminuido, es decir, en caso de accidente se ha disminuido notablemente la probabilidad de muerte. Sin embargo, aunque ha disminuido la mortalidad, la proporción de lesionados (heridos que no fallecieron) en parte ha aumentado. (Begault, 2017).

La mayor parte de fallecimientos en accidentes de tráfico están asociadas a traumatismos craneoencefálicos, a traumas torácicos y a laceración de órganos internos. Entre los heridos además de si son graves (riesgo de muerte) o leves (sin riesgo de muerte), debe distinguirse también entre heridos con lesiones permanentes y heridos con lesiones pasajeras. (Begault, 2017).

### **Indicadores del incremento de accidentes e incidentes viales.**

**Indicadores de comportamiento de usuarios:** es bien conocida la gran incidencia del factor humano (conductor o peatón) en el desencadenamiento de los accidentes, debido a que en la inmensa mayoría de los accidentes se registra en algún momento un fallo humano. (Villarreal Ortiz, 2013).

1. Indicadores de accidentes causados por el conductor. El índice de accidentes causados por el conductor está basado en las causas probables de los siniestros totales

en las que explícitamente el conductor es responsable, expresado en forma de fracción de porcentaje del total nacional de accidentes de tránsito. (Villarroel Ortiz, 2013).

- a. Embriaguez.
- b. Exceso de velocidad.
- c. Impericia/imprudencia del conductor.
- d. Invasión de carril.
- e. Mal estacionado.
- f. No respetar las señales de tránsito.
- g. Pasar semáforo en rojo.

Para calcular el índice de accidentes causados por el conductor se realiza la siguiente relación: (Villarroel Ortiz, 2013).

$$I_{acc} = \frac{T_{ac}}{T_{na}} \cdot (100)$$

Donde:

T<sub>na</sub>= Total Nacional de accidentes.

T<sub>ac</sub> = Total de accidentes de tránsito causados por el conductor.

2. Porcentaje de accidentes causados por el peatón. El índice de accidentes causados por el peatón se refiere al porcentaje de accidentes que son resultado de la impericia o imprudencia de los involucrados no conductores. Es de vital importancia incluir los accidentes de tránsito producidos por el comportamiento equivocado de los peatones, debido a la importancia de estos actores en la movilidad de las carreteras y no centrar tan definitivamente las causas de los accidentes de tránsito al conductor, observándose con mayor atención el comportamiento del peatón. (Villarroel Ortiz, 2013).

$$I_{ap} = \frac{T_{ap}}{T_{na}} \cdot (100)$$

Donde:

T<sub>na</sub>= Total Nacional de accidentes.

T<sub>ap</sub> = Total de accidentes de tránsito causados por el peatón.

3. Indicador de usuarios vulnerables. En los indicadores de mortalidad es importante determinar cuántos de estos fallecidos resultan ser usuarios vulnerables (ciclistas, motociclistas y peatones), con lo que se pueden tomar las medidas necesarias para proteger a este grupo de personas. (Villarroel Ortiz, 2013).

$$I_{uv} = \frac{T_{muv}}{M_{at}} \cdot (100)$$

Dónde:

T<sub>muv</sub> = Total de muertes de usuarios vulnerables.

M<sub>at</sub> = Número de muertos en accidentes de tránsito.

También podemos calcular estos indicadores individualmente, es decir, reemplazar T<sub>muv</sub> ya sea por el total de ciclistas, motociclistas o peatones muertos. (Villarroel Ortiz, 2013).

**Indicadores de vehículos:** el mundo de la seguridad del automóvil está en continua evolución, cada día salen nuevos sistemas de seguridad independientes que son complemento o evolución de algunos ya existentes. Todos estos cambios y novedades debemos aceptarlos y, sobre todo, incorporarlos en la medida de lo posible a nuestros vehículos. (Vargas Sanabria & Solano Calderón, 2010).

1. Porcentaje de vehículos nuevos. Es el porcentaje de vehículos nuevos que ingresan cada año al parque automotor nacional, de tal manera se puede medir efectivamente la seguridad general del parque vehicular debido a que el desarrollo por parte de los fabricantes de automóviles, que bien por imperativa legal o bien como argumento de ventas, cuente con más sistemas de seguridad. (Vargas Sanabria & Solano Calderón, 2010).

$$Pvn = \frac{Vn}{Pv} \cdot (100)$$

Donde:

Vn= Número de vehículos nuevos.

Pv = Número de vehículos del parque automotor.

2. Indicador de accidentes según tipo de vehículo. Es el porcentaje de vehículos según un tipo específico que se encuentran involucrados en accidentes de tránsito respecto al total de vehículos accidentados. (Vargas Sanabria & Solano Calderón, 2010).

$$Ptv = \frac{Atv}{Tna} \cdot (100)$$

Donde:

Atv= Accidentes por cada tipo de vehículo.

Tna = Total nacional de accidentes.

**Indicadores de vías:** el estado de las vías posee un bajo porcentaje como factor causante de accidentes de tránsito, sin embargo, tiene participación debido a que es un factor tácito ya que su estado es percibido por el conductor y su forma de conducción. (Salazar Velásquez, 2012).

1. Indicador de accidentes por red vial. Los accidentes de tránsito ocurren en todas las vías del país y resulta necesario identificar en qué tipo de estas vías ocurren la mayor

cantidad de accidentes, en el Ecuador existen tres tipos de vías que son: red vial estatal, red vial provincial y red vial cantonal. (Salazar Velásquez, 2012).

$$I_{arv} = \frac{A_{crv}}{T_{na}} \cdot (100)$$

Donde:

$A_{crv}$ = Número de accidentes por red vial.

$T_{na}$  = Total nacional de accidentes.

2. Indicador de accidentes según la clase de vía. Es el porcentaje de accidentes sucedidos en cada una de las clases de vías de la jerarquización vial, los mismos que pueden ser: arterial, colector, carretera, avenida, camino, autopista, calle o callejón. (Salazar Velásquez, 2012).

$$I_{jv} = \frac{A_{cv}}{T_{na}} \cdot (100)$$

Donde:

$A_{cv}$ = Número de accidentes por cada clase de vía.

$T_{na}$  = Total nacional de accidentes.

3. Indicador según superficie de vía. Este indicador identifica la superficie de vía en donde se producen mayoritariamente los accidentes, estos tipos de superficie son: carpeta asfáltica, hormigón, tierra, material granular, empedrado, tratamiento superficial y adoquín. (Salazar Velásquez, 2012).

$$I_{sv} = \frac{A_{sv}}{T_{na}} \cdot (100)$$

Donde:

$A_{sv}$ = Número de accidentes por superficie de vía.

Tna = Total nacional de accidentes.

4. Indicador de accidentes por estado vial: el estado de vía es un factor importante que puede influir en el suceso de un accidente de tránsito, debido a que un bache puede ocasionar el desvío de un automóvil en movimiento solo por citar un ejemplo, se ha dividido el estado de vía en bueno, regular y malo. (Salazar Velásquez, 2012).

$$I_{aev} = \frac{A_{ev}}{T_{na}} \cdot (100)$$

Donde:

Aev= Número de accidentes por estado de vía.

Tna = Total nacional de accidentes.

### **Transitabilidad.**

La transitabilidad se refiere a la calidad funcional de la vía percibida directamente por los usuarios. Esta se caracteriza en general por la aptitud de la vía, la cual permitir la circulación fluida en condiciones de seguridad y a una velocidad adecuada a su categoría. (Morales, 2018).

### **Características de la infraestructura vial y su efecto en el flujo vehicular.**

Existen varios factores que influyen o afectan el flujo vehicular, entre ellos se puede mencionar: las características geométricas de la vía (ancho, pendiente y curvatura), tipo de superficie (trocha, afirmado, tratamiento superficial y carpeta asfáltica), deterioros en la vía (baches, hundimientos, ahuellamientos, entre otros.) y la señalización o dispositivos de control de tránsito tales como semáforos y señales restrictivas. (Montoya, 2008).

**Características geométricas de la vía:** las características geométricas de la vía están directamente relacionadas con la capacidad de la vía, con el tipo de vehículos que circularán por ella y con la velocidad de circulación. El ancho de los carriles, la altura libre existente en las estructuras bajo las que pasa la vía, así como otras características geométricas de la misma, limita las dimensiones de los vehículos. De la misma manera, estas dimensiones imponen unas características geométricas mínimas a la vía. (Montoya, 2008).

La interdependencia entre la vía y el vehículo tiene también lugar en lo referente a los pesos totales o por eje que afectan esencialmente al tipo y resistencia de los pavimentos y a la resistencia de las estructuras para optimizar el tiempo de vida del tramo. (Montoya, 2008).

El ancho, la separación entre ejes y la longitud total del vehículo determinan un radio mínimo de giro; es así que para diseñar una vía es indispensable conocer el radio de la curva descrita por la rueda interior trasera o radio interior de los vehículos tipo que circularán por dicha vía. (Montoya, 2008).

**Tipo de superficie:** la superficie de rodadura es un factor que influye directamente en el tráfico, es así que la velocidad que desarrolla un vehículo que circula por una trocha carrozable, difiere tremendamente de la velocidad que este puede desarrollar al circular en una vía pavimentada. (Montoya, 2008).

**Deterioros en la vía:** el estado de conservación de la superficie de rodadura influye en la velocidad y en la seguridad de circulación de los vehículos; por ejemplo, la existencia de baches puede ocasionar accidentes de tránsito. Entre los deterioros más frecuentes se pueden mencionar los siguientes aspectos: (Montoya, 2008).

a) Deterioros de la superficie.

1. Bache con pérdida de base: es la desintegración total de la superficie de rodadura que puede extenderse a otras capas del pavimento, formándose una cavidad de bordes y profundidades anormales.

2. Exudación de asfalto: consiste en el afloramiento de un material bituminoso de la mezcla asfáltica a la superficie del pavimento, formándose una película continua de ligante, creándose una superficie brillante, reflectante, resbaladiza y pegajosa durante el tiempo cálido.

b) Deformaciones.

1. Ahuellamientos: es la imperfección indeleble longitudinal a lo largo de los carriles del tránsito y donde el largo es superior a 80 cm. Estas se pueden producir en uno o los dos carriles de rodadura.

2. Canalizaciones: deformación del perfil transversal, tanto por hundimiento a lo largo de los ahuellamientos como por elevación de las áreas vecinas adyacentes a las huellas. Las deformaciones presentan una configuración más amplia que los ahuellamientos.

3. Ondulaciones: imperfecciones del perfil longitudinal con crestas y valles regularmente espaciados a distancias pequeñas. En general están acompañadas, en los sitios críticos, por grietas semicirculares.

4. Hinchamiento: se produce con el abultamiento o levantamiento delimitado en la superficie del pavimento, por lo regular tiene forma de una onda que deforma el perfil de la carretera.

5. Hundimiento: Es la depresión o descenso de la extensión del pavimento en un área localizada del mismo.

En cuanto a las vías no pavimentadas, se tienen: (Montoya, 2008).

1. Huecos: los agujeros resultan de aguas estancadas en la superficie de la carretera. El tráfico es un factor que favorece su creación. Generalmente, estorban a los vehículos si su tamaño alcanza el orden de 0.20 m. Su calificación resulta del tipo de las medidas correctivas requeridas como: mantenimiento rutinario, recapeo o reconstrucción.

2. Encalaminado: este se trata de ondulaciones de la superficie. Resultan de la acción de las vibraciones provocadas por los vehículos sobre los agregados del material granular.

3. Lodazal y cruce de agua: lodazal es una sección de suelo fino que se caracteriza por su transitabilidad baja o intransitabilidad durante las épocas de lluvia. El no realizar las tareas de mantenimiento requeridas en época seca, los vehículos tendrán dificultad para transitar debido a que se ocasionarán deformaciones del material. Un cruce de agua proviene de un escurrimiento de agua transversal que crea un surco erosivo en parte o en todo el ancho de la carretera, este acumula material sobre el tramo y dificulta el paso.

### **Caminos.**

Un camino, es toda vía de comunicación entre dos puntos; es el nombre más usado, y se aplica a las vías terrestres de comunicación. Los caminos son bienes de dominio público de la nación, aldea o municipio, y de aprovechamiento común, es decir que todas las personas gozan de los beneficios que generan. Naturaleza que, así como la cualidad de ser imprescriptibles, se les reconoce desde la antigüedad y no perderán su reconocimiento. (Espasa, 1940).

Las funciones de la administración pública para procurar su conservación con respecto a los caminos pueden reducirse a tres: (Espasa, 1940).

- a) Construirlos y repararlos.
- b) Conservar su propiedad.
- c) Regular el aprovechamiento común.

Es importante conocer que desde el momento en que los pueblos fueron relacionándose entre sí, establecieron rutas para facilitar su comunicación, y velaron porque se establecerían reglas de tránsito a par de la policía para su conservación y aseo. (Espasa, 1940).

Remontándose a la historia, Diodoro de Sicilia, Semíramis estableció por todos sus estados caminos o vías militares para cuya construcción hizo rebajar colinas, rellenar valles y fosos, formar diques y calzadas elevadas. Justino asegura asimismo que Jerjes empleó sumas considerables para la construcción de caminos públicos. (Espasa, 1940).

### **Tipos de caminos.**

Todos los caminos, desde las autopistas hasta las vías ferratas, pueden clasificarse de distintas formas según su naturaleza (por ejemplo, según la anchura, la superficie o el tráfico). En los mapas, se recopila toda esta información y se traduce en un tipo de camino significativo para actividades al aire libre. Entre estos tipos de caminos se encuentran los que clasifica: (Ávila, 2019).

**1. Carretera:** carretera con abundante tráfico para vehículos con motor (por ejemplo, autopista, autovía, carretera nacional, carretera comarcal o carretera local con tráfico).

**2. Asfalto:** este camino es transitable con una superficie pavimentada con asfalto que no se incluye en la categoría de carretera (por ejemplo, carril bici, camino de senderismo asfaltado, carretera local poco transitada o carretera secundaria), su tamaño depende del tipo de vía que se habilite.

**3. Carretera de tierra:** camino o carretera de al menos 2 m. de ancho, transitable por coches, con superficie de tierra o de balastro.

**4. Camino:** camino no pavimentado de forma continua, pero de al menos 1 m de ancho y transitable por vehículos todoterreno (por ejemplo, caminos de montaña o de bosque).

**5. Sendero:** este es un camino no pavimentado al que solo se puede acceder a pie o en bicicleta.

**6. Sendero asegurado:** sendero asegurado con cuerda fija que se puede superar sin material alpino.

**7. Huellas de sendero:** sendero no pavimentado, no necesariamente señalizado, pero generalmente reconocible como tal (puede ser necesario el uso de material alpino).

**8. Vía ferratas:** vía asegurada con cuerda fija para la que se requiere material específico de vía ferratas.

**9. Sin sendero:** tramo que no forma parte de la red de senderos y no está marcado en el mapa (por ejemplo, vía de escalada alpina, zonas de agua, barrizales o nieve).

**10. Ferry:** conexión de ferry/barco.

**11. Teleférico:** telecabina, telesilla, funicular.

**Categorías de caminos.**

Dentro de las categorías de los caminos existen diferencias muy notables entre la red vial de las zonas urbanas y las que permiten la circulación fuera de ellas. Las redes urbanas están formadas por calles, que son vías situadas en áreas rodeadas de edificios por las que circulan tanto vehículos con motor como peatones cada uno en su espacio específico. (Kraemer, 2003).

En esta categoría es frecuente ver las intersecciones, así como los puntos de acceso desde los edificios colindantes, y los vehículos realizan principalmente recorridos cortos. Por el contrario, en las carreteras que forman parte de la red vial interurbana predomina el tráfico de vehículos de motor, ya que los peatones y las bicicletas son muy escasos excepto al ingresar a poblados. (Kraemer, 2003).

En otro sentido las carreteras pueden definirse como vías de dominio y uso público, proyectadas y construidas para la circulación de vehículos automóviles. (Kraemer, 2003).

En Guatemala las rutas que conforman la red vial se clasifican según el ancho del derecho de vía que cada una posee, esto da por resultado que se tienen rutas centroamericanas, rutas nacionales, rutas departamentales y caminos rurales, para poder clasificarlas será necesario tomar en cuenta lineamientos los cuales se presentan a continuación: (Argueta, 2014).

**Rutas centroamericanas:** las rutas nacionales se clasifican de acuerdo a lo que establece la Dirección General de Caminos a través de la red vial, por lo que se identifican de primer orden, con un ancho de derecho de vía de 25,00 metros o más, para autopistas y carreteras de cuatro carriles o más. (Argueta, 2014).

Estas rutas se caracterizan por cumplir con las siguientes características: (Argueta, 2014).

- a) Unir la capital con fronteras o desde otra ruta centroamericana.
- b) Unir puertos de importancia desde la capital o desde otra ruta centroamericana.
- c) Atravesar longitudinalmente o transversalmente la república.
- d) Este grupo se destaca porque reúne las mejores condiciones de diseño que la topografía les permita.
- e) El derecho de vía total será de 25,00 metros y el área de reserva será de 80,00 metros (40,00 metros de cada lado de la línea central).

**Rutas nacionales:** estas también consideradas de primer orden dentro de la red vial de la Dirección General de Caminos, constan de dos carriles con un ancho total de rodadura de 7,20 metros y un ancho de derecho de vía de 25,00 metros. (Argueta, 2014).

Este grupo de rutas deberán cumplir con las siguientes características: (Argueta, 2014).

- a) Unen cabeceras departamentales.
- b) Une rutas centroamericanas, con cabeceras departamentales.
- c) Conecta rutas centroamericanas.
- d) Une rutas centroamericanas con puertos de importancia comercial para el país.
- e) Red auxiliar de las rutas centroamericanas.
- f) El derecho de vía total será de 25,00 metros y el área de reserva será de 80,00 metros (40,00 metros de cada lado de la línea central).

**Rutas departamentales:** son aquellas que la Dirección General de Caminos dentro de su red vial las clasifica como de segundo orden, constan de dos carriles con un

ancho total de rodadura de 5,50 a 6,00 metros y un ancho de derecho de vía de 20,00 metros. (Argueta, 2014).

Dentro de este grupo de rutas se podrán identificar las características que a continuación se describen: (Argueta, 2014).

- a) Interconectan cabeceras departamentales.
- b) Unen cabeceras departamentales entre sí.
- c) Unen cabeceras municipales con rutas centroamericanas o rutas nacionales u otras departamentales.
- d) El derecho de vía total será de 20,00 metros (10,00 metros de cada lado de la línea central).

Cada una de las antes mencionadas, son suficientes por sí mismos para dar categoría de ruta departamental a una carretera. Además: (Argueta, 2014).

- a) Une Rutas Nacionales (RN).
- b) Une rutas centroamericanas o nacionales con litorales.
- c) Longitud mayor a 20 kilómetros.
- d) Tránsito diario mayor de 200 vehículos.
- e) Importancia turística.

Por lo que deben cumplir con dos criterios antes descritos para poder por lo menos ser ruta departamental. (Argueta, 2014).

**Caminos rurales:** los caminos rurales dentro de la clasificación de la red vial de la Dirección General de Caminos son de tercer orden, con un ancho total de rodadura de 4,00 metros y un ancho de derecho de vía de 6,00 a 8,00 metros. (Argueta, 2014).

Este grupo de rutas deberá cumplir con la siguiente característica: (Argueta, 2014).

a) Interconecta a las comunidades rurales de los correspondientes municipios.

### **Caminos rurales.**

Los caminos rurales unen las aldeas y las poblaciones más pequeñas de mercado regional, y son los caminos terciarios, secundarios y de penetración. Normalmente, no son pavimentados, o tienen una capa delgada de asfalto; son más angostas y las curvas son más cerradas y las cuestas más empinadas que las de las carreteras, por ellas transita un menor porcentaje de tráfico. Este tipo de caminos pueden ser permanentes o sólo temporales y, a menudo, tienen vados o transbordadores en vez de puentes. Las carreteras que cruzan las regiones rurales, sean pavimentadas o no, se tratan en el artículo carretera. (Banco Mundial, 2014).

**Figura 1. Camino rural entre las localidades españolas de Láchar y Cijuela (provincia de Granada).**



Fuente: Gordon y Sherar, 2013.

**Ubicación del camino.** Esta decisión constituye circunstancias críticas en cuanto a su construcción. Esta determinará, el tipo y la magnitud de los impactos ambientales y sociales que causarán, los cuales se deberán analizar antes de delimitar su construcción. De esta cuenta es importante conocer cuáles son los caminos rurales que más afectan el entorno son los que: (Gordon & Sherar, 2013).

- a) Atraviesan las tierras de los pueblos indígenas; o terrenos silvestres críticos.
- b) Alteran el equilibrio natural en zonas con potenciales peligros naturales; áreas que constituyen el hábitat de la fauna silvestre.
- c) Los que se adentran en áreas no idóneas para los cambios de uso del suelo.

**Impactos sociales positivos:** la construcción de un camino puede traer una multitud de beneficios para la gente local, como, los que se describen a continuación: (Banco Mundial, 2014).

- a) Se facilita el acceso a los mercados.
- b) Se incrementan los servicios por ende bienestar, tales como electricidad, agua potable, servicios de extensión, sistemas de crédito, servicios de salud y educación; estímulo a las agroindustrias.
- c) Incrementa el valor de los terrenos próximos a causa el uso más intensivo de la tierra.
- d) Se abre las oportunidades de empleo.
- e) Mejoran los usos y métodos agrícolas lo que lleva a un crecimiento en la producción y además se supera la agricultura de subsistencia con excedentes para la venta y aumento de prosperidad de los pueblos.

**Impactos sociales negativos.** No todo suele ser un éxito en los proyectos pues dentro de los principales inconvenientes que se presentan a causa de la construcción o modificación sustancial de la red de caminos rurales son: (Banco Mundial, 2014).

- a) Es frecuente que, suban los arriendos o cambia la propiedad o los derechos de utilización de los recursos, de las clases pobres a las más ricas, por lo que se genera un nivel alto de desigualdad.
- b) Afecta negativamente a las minorías étnicas, que vivieron aisladas geográfica y políticamente del resto del país ya que el acceso trae como consecuencia migración y esto provoca que las culturas se mezclen y se corre el riesgo de que se pierdan.

**Indicadores de la difícil transitabilidad en caminos rurales de tercer orden.**

- a) Aumento de los accidentes e incidentes vehiculares y peatonales.
- b) Superficie no uniforme derivada de problemas estructurales como: baches, grietas, abultamientos, hundimientos, entre otros.
- c) Al no recibir mantenimiento se presenta disminución de la velocidad promedio del tránsito vehicular, lo que provoca atrasos al transitar.
- d) Incremento en los gastos de mantenimiento para vehículos que transitan regularmente, por el mal estado.
- e) Reducción drástica del flujo del flujo vehicular, lo que incrementa la violencia.
- f) Incremento en la cantidad de usuarios insatisfechos, los cuales se quejan constantemente con las autoridades municipales.
- g) Reducción de la actividad comercial, por lo que repercute en la economía.

**Pavimento.**

Se llama pavimento al conjunto de capas de material seleccionado que reciben en forma directa las cargas del tránsito y las transmiten a los estratos inferiores en forma disipada, lo que proporciona una superficie de rodamiento, la cual debe funcionar con eficiencia. (Bolaños, 2007)

Se deben conocer las condiciones necesarias para un adecuado funcionamiento las que se detallan a continuación: anchura, trazo horizontal y vertical, resistencia adecuada a las cargas para evitar las fallas y los agrietamientos, además de una

adherencia adecuada entre el vehículo y el pavimento aún en condiciones húmedas para evitar accidentes. (Bolaños, 2007)

Una característica primordial es que deberá presentar una resistencia adecuada a los esfuerzos destructivos del tránsito, de la intemperie y del agua. Debe tener una adecuada visibilidad y contar con un paisaje agradable para no provocar fatigas, en donde sea posible. (Bolaños, 2007)

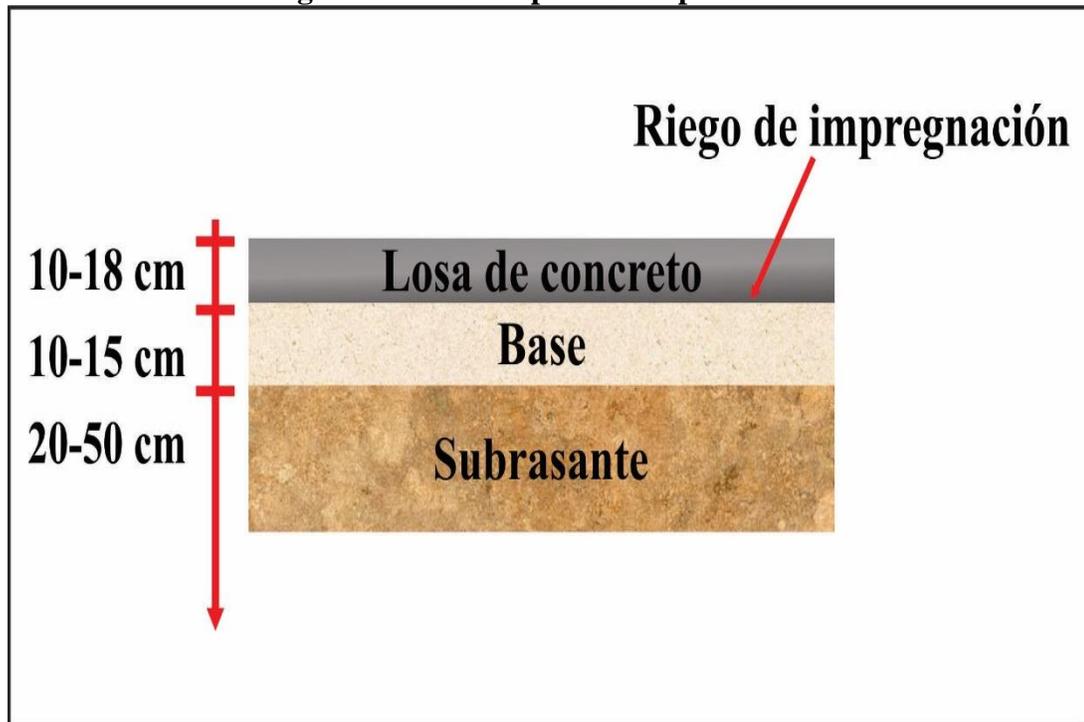
Puesto que la resistencia en un pavimento decrece con la profundidad, se deberán colocar los materiales de mayor capacidad de carga en las capas superiores y que estos sean de calidad, por otro lado los que son de menor calidad se colocan en las terracerías ya que son los materiales que se encuentran comúnmente en la naturaleza, y por consecuencia resultan los más económicos. (Bolaños, 2007)

Un pavimento se puede definir también como un sistema de revestimiento que conforma el suelo transitable de cualquier espacio construido. Los pavimentos se apoyan sobre elementos estructurales sensiblemente horizontales y firmes, como los terrenos estabilizados, soleras, losas y forjados. (Bolaños, 2007)

Las principales funciones que desempeñan son el aislamiento y la ornamentación, pero al mismo tiempo deben resistir las abrasiones y los punzonamientos (esfuerzos cortantes) producidos por el paso de personas o vehículos, la caída de objetos y la compresión de los elementos que se apoyan ya que deben durar un tiempo considerable debido a la inversión. (Bolaños, 2007)

Por otra parte, los pavimentos tienen que ser resistentes a los efectos de agentes químicos, como agua, aceites, sales o ácidos, a las agresiones de seres vivos e incluso a la propia luz solar. (Bolaños, 2007)

**Figura 2. Sección típica de un pavimento.**



Fuente: Cisneros, B., enero de 2021.

**Materiales del pavimento.** Dentro de los materiales utilizados para la colocación de pavimento las mezclas asfálticas y el hormigón son los más utilizados para crear el pavimento urbano. Estos materiales son ideales, ya que tienen una buena capacidad de soporte y permiten el paso constante de vehículos sin sufrir grandes daños. (Anon, 1991).

El pavimento debe de ser resistente y sobre todo no contaminar el medio ambiente. Para ello, las empresas que se dedican a su construcción, buscan nuevas alternativas para que el hecho de pavimentar sea lo más ecológico posible. Un ejemplo de ello se ve reflejado en la creación de un pavimento que combina el asfalto con el polvo de caucho, mismos que se obtienen de neumáticos reciclados; así como la utilización del producto conocido como noxer, que tiene la capacidad de absorber la contaminación que producen los tubos de escape de los vehículos. (Anon, 1991).

**Características generales.** Debe ser ancha, poseer trazo horizontal y vertical, resistencia adecuada a las cargas para evitar las fallas y los agrietamientos. Además de contar con una adherencia adecuada entre el vehículo y el pavimento, aún en condiciones húmedas. El pavimento deberá presentar una resistencia adecuada a los esfuerzos destructivos del tránsito, de la intemperie y del agua. (Federal Highway Administration, 2008).

La visibilidad deber primordial, además de contar con un paisaje agradable para no provocar fatigas. Puesto que los esfuerzos en un pavimento decrecen con la profundidad, para mejorar su funcionamiento es necesario utilizar materiales con las mejores cualidades para soportar carga. La calidad de estos también será determinante ya que se requiere que este caso se priorice su uso, y dejar el de menor calidad para colocar en las terracerías. Estos últimos son los materiales que más comúnmente se encuentran en la naturaleza, y por consecuencia resultan los ser económicos. (Federal Highway Administration, 2008).

**División de capas.** En un pavimento, la división en capas se hace obedeciéndose un factor económico, al determinar el espesor de una capa, el objetivo es darle el grosor mínimo que oprima los esfuerzos sobre la capa contigua inferior. La resistencia de las diferentes capas no solo dependerá del material que la constituye, también resulta de gran influencia el procedimiento constructivo; que son dos factores importantes la compactación y la humedad, ya que, si un material no se adapta convenientemente, éste se consolida por efecto de las cargas de ahí se producen deformaciones permanentes. (Ministerio de Fomento de España, 2012).

**Firme.** Superficie de la carretera o pavimento es el material superficial permanente que mantiene el tráfico peatonal y vehicular de una vía o camino. En el pasado se utilizaban guijarros y adoquines, pero estos quedaron reemplazados por asfalto y

hormigón, que permiten un paso más cómodo y una puesta más económica, lo que deja a los adoquines para lugares históricos. (Escobar, 2011).

A los firmes que existen actualmente se le exigen tres peculiaridades básicas: (Escobar, 2011).

- a) Ser impermeables al agua, para evitar que la lluvia dañe la base del firme que poseen.
- b) Deben mantener una superficie cómoda y adecuada para la circulación. Si el firme es resbaladizo, esto se produce de la misma forma si se encuentra bacheado.
- c) Debe ser capaz de resistir la carga a la que estará sometida por el tráfico.

Esto genera un problema ambiental, que producen los firmes en las ciudades, debido a su impermeabilidad, hecho que aumenta el peligro de inundación. Para evitar que este problema persista se han empezado a desarrollar firmes permeables con drenajes. Además, los firmes son usualmente pintados con marcas horizontales en el suelo para guiar el tráfico. La calidad del firme, su espesor y su rugosidad dependen de la clasificación de la carretera y del tráfico que soporte, que varía en cada país de acuerdo a la normativa técnica. (Escobar, 2011).

### **Tipos de pavimentos.**

Los pavimentos se dividen en flexibles y rígidos. El comportamiento de los mismos al aplicarles cargas es muy diferente. (Iturbide, 2002).

**Pavimento flexible.** En un pavimento flexible, la superficie de rodadura al tener si posee menos rigidez, se deforma con mayor frecuencia y se producen mayores tensiones en la sub rasante. (Iturbide, 2002).

**Pavimentos de concreto rígido.** En un pavimento rígido, la consistencia de la superficie de rodadura produce una buena distribución de las cargas, todo lo contrario,

si no se considera este aspecto, lo que da como resultado tensiones muy bajas en la sub rasante. (Iturbide, 2002).

**Pavimento de concreto.** Es un pavimento rígido, de concreto de cemento hidráulico, con o sin refuerzo, que es diseñad y construido para resistir las cargas e intensidad del tránsito, al que se considera que estará expuesto. (Ingenieros consultores de Centro América, 2011).

**Pavimentos mixtos o compuestos.** Los pavimentos mixtos o compuestos, se distinguen por estar conformados por una capa de concreto hidráulico, cubierta por una carpeta asfáltica, su uso es común en calles, debido a la presencia de redes y servicios bajo la vialidad, su propósito es protegerse del uso excesivo del tránsito. Su ubicación no es apta para construir una estructura de pavimento flexible convencional. Por otro lado, pueden tener una mayor capacidad estructural y por consiguiente un mejor desempeño. (Garcia, 2011).

#### **Pavimento rígido.**

El material fundamental que se utiliza para su composición es el hormigón, bien sea en la base o en toda su estructura. La clasificación de estos pavimentos varía de acuerdo al tipo de hormigón que se emplee. (Carrazana Gómez & Rubio Casanovas, 1997).

**Formas de trabajo.** La diferencia fundamental entre pavimentos rígidos y flexibles, viene dada por la forma de distribución de las cargas en la sub - base o subrasante. En el caso de los pavimentos rígidos, debido a las condiciones propias del material empleado como son: rigidez y alto módulo de elasticidad, se tiende a una distribución de las cargas sobre una mayor área de la subrasante, de modo que una mayor parte de estas las absorbe la losa de hormigón. (Carrazana Gómez & Rubio Casanovas, 1997).

**Materiales y técnicas constructivas.** En el caso de los pavimentos rígidos que varían de acuerdo al material empleado, también varían las técnicas constructivas dentro de las cuales se encuentran las siguientes: (Ingenieros Consultores de Centro América, 2001).

- a) Base estabilizada con cemento (suelo-cemento).
- b) Base de hormigón pobre.
- c) Base de hormigón simple normal.
- d) Base de hormigón armado.
- e) Base de hormigón postensado.

Por consiguiente, de los descritos los dos primeros se han convertido en los más utilizados en las últimas décadas, la causa deriva de su bajo costo y de la rapidez en su ejecución, otro aspecto que ha influido es que brinda una mayor garantía en la calidad de los resultados. (Ingenieros Consultores de Centro América, 2001).

En el caso de que se utilice hormigón simple, y hormigón armado, los resultados que se obtendrán son similares a los anteriores, su comportamiento y durabilidad, siempre que se utilicen las juntas de expansión necesarias, espaciadas y diseñadas de forma tal que no se filtre el agua a través de ellas hacia la subrasante. (Ingenieros Consultores de Centro América, 2001).

Se puede determinar entonces, que en estos dos métodos se logra un acabado superficial uniforme y de buena textura, por consiguiente, de calidad. En el caso de usar hormigón postensado, el componente económico se eleva, por lo que su uso se utiliza con mayor frecuencia a los proyectos en donde estarán sometidos a grandes cargas de impacto, como es el caso de las pistas de aeropuertos. (Ingenieros Consultores de Centro América, 2001).

### **Partes del pavimento rígido.**

**Capa de rodadura:** es la capa superficial del concreto de cemento Pórtland, en otras palabras la losa en sí, dentro de sus funciones se mencionan: (Paz Stubbs, 2000).

- a) Brindar un valor soporte elevado, para que resista cada una de las capas concentradas que proceden de ruedas pesadas, trabajándose a flexión y lo distribuye bien al material que existe debajo.
- b) Textura superficial poco resbaladiza, aunque este húmeda, salvo que se encuentre cubierta de lodo, aceite u otro material deslizante.
- c) Tiene la función de proteger la superficie sobre la cual está construido el pavimento, de los efectos destructivos del tránsito.
- d) Protege a la superficie de la penetración del agua.
- e) Proporciona buena visibilidad, por su color claro dé mayor seguridad al tráfico, en especial al tráfico nocturno de vehículos.
- f) Genera una mayor resistencia al desgaste, con poca producción de partículas de polvo.

**Base:** está formada por la combinación de piedra o grava, con arena y suelo, en su estado natural, clasificados o con trituración parcial para construir una base que integre el pavimento. Su colocación va debajo de las losas de concreto y arriba de la sub-rasante. (Paz Stubbs, 2000).

En el caso de estas bases pueden ser de materiales granulares, como piedra o grava triturada, de arena y grava, de mezcla o estabilizaciones mecánicas de suelos y agregados, o bien suelo- cemento, e inclusive de productos bituminosos y agregados pétreos. Esto dependerá del diseño que se planifique. En su orden de prioridad las funciones de la base en los pavimentos de concreto son: (Paz Stubbs, 2000).

- a) Ayudan a controlar los cambios de volumen (hinchamiento y encogimiento) en suelos sensibles a sufrir este tipo de cambios.
- b) Brindan una superficie uniforme para el soporte de las losas.
- c) Aumentan la capacidad estructural del pavimento.

**Sub-base.** Es la capa formada por la combinación de piedra o grava con arena y suelo, que se toma de su estado natural, clasificados o con trituración parcial para constituir una sub-base que integre un pavimento, la cual está destinada fundamentalmente a: (Paz Stubbs, 2000).

- a) Soportar.
- b) Transmitir.
- c) Distribuir con uniformidad el efecto de las cargas del tránsito proveniente de las capas superiores del pavimento, de tal manera que el suelo de la sub- rasante las soporte.
- d) Aumentar el valor soporte y proporcionar una resistencia más uniforme a la losa de concreto.
- e) Hacer mínimos los efectos de cambio de volumen en los suelos de la sub – rasante.

**Los pavimentos rígidos pueden dividirse en 3 tipos.**

**1) Concreto hidráulico simple:** no contiene armadura en la losa y el espaciamiento entre juntas es pequeño (entre 2.50 a 4.50 m). Las juntas pueden o no tener dispositivos de transferencia de cargas (dovelas). (Iturbide, 2002).

**2) Concreto hidráulico reforzado:** posee espacios mayores entre juntas (entre 6.10 y 36.60 m) y llevan una armadura distribuida en la losa a efecto de controlar y mantener cerradas las fisuras de contracción. (Iturbide, 2002).

**3) Concreto hidráulico reforzado continuo:** tiene armadura continua longitudinal y no tiene juntas transversales, excepto juntas de construcción. La armadura transversal es opcional en este caso. Estos pavimentos tienen más armadura que las juntas armadas y el objetivo de esta armadura es mantener un espaciamiento, adecuado entre fisuras y que éstas permanezcan cerradas. (Iturbide, 2002).

#### **Plan para aplicación de pavimento rígido.**

**Proceso constructivo.** Lo primero debe ser la comprobación de que la subrasante reúna las condiciones de resistencia mínima y que presente los perfiles con las pendientes necesarias para los drenajes, además de hallarse en la cota o altura pedida como base o fondo del pavimento según los requerimientos del proyecto. En segundo lugar, se comprueba si todas las instalaciones y canalizaciones que van bajo el pavimento están correctas. (Quintana, 2013).

Una vez realizadas las comprobaciones, se colocan las gualderas y guías que limitarán los paños de hormigonado hasta las juntas de construcción y expansión. Antes de verter el hormigón, se deben humedecer bien la subrasante y las gualderas. El hormigonado se hará en cuadros alternos, a fin de dejar juntas de construcción que puedan ser usadas como de expansión; esos cuadros deben ser de 4.00 x 4.00 m. (Quintana, 2013).

Después de verter el hormigón, se procede a emparejar la superficie usándose de ser posible, reglas vibratorias. Posteriormente, se logra el acabado de textura de la superficie mediante fratasadoras mecánicas o manuales. (Quintana, 2013).

**Consideraciones constructivas.** Después de seleccionar el tipo de pavimento de concreto, tipo de base o sub - base, si es necesaria, y tipo de hombros (con o sin hombros de concreto, mordientes y cunetas o mordientes integrados), el espesor de

diseño es determinado en base a los siguientes factores de diseño: (García López, 2004).

- a) Resistencia a la flexión del concreto (módulo de ruptura, MR).
- b) Resistencia de la sub – rasante.

Existen esfuerzos a los cuales están sujetos los pavimentos de concreto hidráulicos: (García López, 2004).

- a) Esfuerzos abrasivos causados por las llantas de los vehículos.
- b) Esfuerzos directos de compresión y acortamiento causados por las cargas de las ruedas.
- c) Esfuerzos de compresión y tensión que resultan de la deflexión de las losas bajo las cargas de las ruedas.
- d) Esfuerzos de compresión y tensión causados por la expansión y contracción del concreto.
- e) Esfuerzos de compresión y tensión debidos a la combadura del pavimento por efectos de los cambios de temperatura.

Si se desea una vida útil favorable, debe tomarse en cuenta los esfuerzos antes mencionados para su diseño. Es necesario que se tome en cuenta el volumen, tipo y peso del tránsito a servir en la actualidad y en un futuro previsible. El valor relativo de soporte y características de la sub - rasante. El clima de la región. La resistencia y calidad del concreto a emplear. (García López, 2004).

Si se desea obtener un pavimento adecuado a su función y económico debe tomarse en cuenta los factores antes mencionados, si las losas fueran sobre diseñado no afectaría en su vida útil pero el costo sería muy elevado. Si al contrario las losas son muy delgadas para el peso que deben de soportar, llegan a tener fallas grandes y si se

encuentran en una zona en la cual las lluvias son constantes sufren, de filtración, cambios en su sub- base o base y puede colapsar. (García López, 2004).

En la investigación de campo debe de tomarse en cuenta el tráfico promedio diario anual (T.P.D.A.), depende también de este dato para el diseño del pavimento, el tipo de vehículo que transitará para considerar el peso a soportar. Tomándose en cuenta el futuro, debido a que existen calles que no son muy transitadas, pero al mejorar el tránsito incrementa. Tomar en cuenta si circulará tráfico pesado, esto servirá para obtener el ancho de losa, bordillos. (García López, 2004).

El clima es importante, las fuertes lluvias pueden traer problemas para el pavimento, tomar en cuenta hacia donde debe drenarse el agua y evitar que ésta llegue a empozarse y evitar el congestionamiento o accidentes. (García López, 2004).

Debe de estudiarse el lugar en donde se llevará a cabo dicho proyecto, si cuenta con carreteras importantes aledañas, si son vías de acceso a calles o lugares importantes. Si es un lugar turístico o comercial, el crecimiento poblacional y cargas de ruedas sobre caminos de igual importancia existentes en otras zonas. (García López, 2004).

El análisis se completa reuniéndose información sobre la existencia de fábricas, minas, etc. En resumen, se debe obtener el volumen aproximado de vehículos que circularán y tomar en cuenta el incremento de estos para el periodo de vida útil del proyecto. (García López, 2004).

### **Parámetros para pavimentar.**

Los pavimentos se diseñan y construyen con el objetivo de prestar el servicio para el cual fue concebido, durante un periodo determinado, manteniéndose unas condiciones de seguridad óptimas, con un costo apropiado. (Moaveni, 2003).

En el diseño del pavimento es necesario tener en cuenta varios elementos, de los cuales los más importantes son la capacidad de soporte del suelo, el tránsito que circulará sobre la estructura durante todo su periodo de diseño, las condiciones climáticas y los materiales con que se construirá. (Moaveni, 2003).

**El tránsito y el período de diseño.** Las categorías de tránsito que se deben tener en cuenta para los diseños de los pavimentos se indican en el cuadro 1, estas se obtuvieron a partir de los espectros de carga obtenidos con la distribución de pesos para los diferentes tipos de eje por cada 1.000 camiones, en diferentes estaciones de peaje de países europeos, afectados por los respectivos factores de equivalencia establecidos por la AASHTO. (Woom, 2008).

El Tipo de vía, se refiere a la clasificación de ella según su importancia, como se menciona en los anexos. (Woom, 2008).

El (TPDS) es el promedio diario, obtenido de un conteo de una semana, de los vehículos que pasan por una sección de la vía. (Woom, 2008).

Por último, los ejes acumulados de 8,2 ton, son los ejes equivalentes que han de pasar por el carril de diseño durante el período de diseño. (Woom, 2008).

Se considera un periodo de diseño de 20 años para todos los análisis estructurales, el cual bajo premisas teóricas debe coincidir como mínimo con la vida útil del pavimento, en el caso que exista una buena certidumbre en el análisis de las variables de diseño y su respectiva proyección. (Woom, 2008).

**Cuadro 1. Categorías de tránsito para la selección de espesores.**

<b>Categoría</b>	<b>Tipo de vía</b>	<b>TPDs</b>	<b>Ejes acumulados de 8.2 t</b>
To	(Vt) – (E)	0 a 200	< 1'000.000
T1	(Vs) – (M o A) – (CC)	201 a 500	1'000.000 a 1'500.000
T2	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	501 a 1,000	1'500.000 a 5'000.000
T3	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	1,001 a 2,500	5'000.000 a 9'000.000
T4	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	2,501 a 5,000	9'000.000 a 17'000.000
T5	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	5,001 a 10,000	17'000.000 a 25'000.000
T6	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	Más de 10,001	25'000.000 a 100'000.000

Fuente: Woom, 2008.

Donde:

Vt: vía terciaria.

Vs: vía secundaria.

Vp: vía principal.

E: estrechas.

M: medias.

A: anchas.

CC: carreteras de dos direcciones.

MC: carreteras multicarriles.

AP: autopistas.

**Subrasante.** Para subrasantes con CBR (Relación de Soporte de California) menores que 2, en la mayoría de los casos y si el diseñador lo considere conveniente, se requieren tratamientos especiales, como la sustitución de los materiales inadecuados (remoción parcial o total del material inaceptable) o la modificación de sus características con base en mejoramientos mecánicos o con la adición de productos

como la cal, el cemento u otros que doten a la subrasante de mejores características mecánicas. (Aristizabal, 2000).

**Cuadro 2. Clasificación de la subrasante de acuerdo con su resistencia.**

<b>CBR %</b>	<b>Módulo resiliente (kg/cm<sup>2</sup>)</b>
< 2	< 200
2 – 5	200 – 500
5 – 10	500 – 1,000
10 – 20	1,000 – 2,000
> 20	> 2,0000

Fuente: Aristizabal, 2000.

**Material de soporte para el pavimento.** Existen tres tipos de soporte para el pavimento, el suelo natural, las bases granulares y las bases estabilizadas con cemento de 150 mm de espesor. Su efecto en el espesor de la estructura se tendrá en cuenta elevándose el valor de la capacidad de soporte del terreno natural o suelo de subrasante. (Nam, Kim, Choi, & Won, 2007).

**Transferencia de cargas entre losas y confinamiento lateral.** Hay dos factores que influyen en la determinación del espesor de las losas de concreto y son la presencia de pasadores de carga (dovelas) en las juntas transversales y los confinamientos laterales del pavimento, como son las bermas, los bordillos o los andenes. Se presenta el espesor que deben tener los pavimentos en función de la presencia o ausencia de las dovelas y de los elementos confinantes, que para efectos prácticos se denominan genéricamente como bermas. (Madenci & Ibrahim, 2006).

Hay que tener en cuenta que para algunas condiciones de mala calidad en el soporte o tránsitos altos no se consideran ciertos tipos de pavimentos, como por ejemplo pavimentos sin bermas y sin dovelas. En estos parámetros no se contempla el uso de acero para reforzar las losas, solo se tendrá acero en las dovelas y en las barras de

anclaje. El acero de las dovelas en las juntas transversales es liso y con diámetros de más de 15 mm y el de las barras de anclajes es corrugado y con diámetros menores a los 15 mm. (Madenci & Ibrahim, 2006).

**Características del concreto para pavimentos.** Para los diseños de los pavimentos se deben considerar cuatro calidades de concreto, las resistencias a la flexotracción se evalúan a los 28 días y se miden con base en el ensayo Resistencia a la flexión del concreto. (Nam, Kim, Choi, & Won, 2007).

**Cuadro 3. Valores de resistencias a la flexotracción del concreto (Módulo de rotura).**

<b>Descripción</b>	<b>Resistencia a la flexión (kg/cm<sup>2</sup>)</b>
MR1	38
MR2	40
MR3	42
MR4	45

Fuente: Nam, Kim, Choi, & Won, 2007.

**Juntas y tamaños de losas.** Las juntas juegan un papel importante en el diseño de los pavimentos, tienen por objeto principal, la construcción del pavimento por losas separadas para evitar apareamiento de grietas de construcción en cualquier parte de la losa y la unión adecuada entre ellas, para asegurar la continuidad de la superficie de rodadura y la buena conservación del pavimento; si así se especifica, deben proveer además una adecuada transferencia de carga a las losas contiguas. (Siebold, 2005).

Todas las juntas deben construirse con las caras perpendiculares a la superficie del pavimento y debe protegerse contra la penetración en las mismas, de materiales extraños y perjudiciales, hasta el momento en que sean selladas. (Siebold, 2005).

En pavimentos con juntas, los intervalos de juntas son diseñados a cada supuesta falla, en intervalos de 15 a 25 pies (4.57 metros a 7.62 metros), (en losas planas simples) o

espaciadas a intervalos más grandes si existe la distribución adecuada de acero en cada panel (diseño de losas reforzadas), con el objeto de proporcionar un buen comportamiento en el intervalo de las fallas. (Siebold, 2005).

En pavimentos de grosor convencional con espaciamientos entre juntas de 15 a 20 pies (4.57 metros 6.10 metros), la transferencia de carga a través de juntas transversales provista por la interacción de partículas de agregados en las caras de las juntas es suficiente para proyectos en los que circulan bajos volúmenes de camiones (unidades con más de cuatro llantas). (Siebold, 2005).

Entre las juntas de pavimento existen dos clasificaciones, transversales y longitudinales, que a su vez se clasifican como de contracción, construcción y de expansión. Entre las juntas se encuentra como la más difícil con relación a su espaciamiento y dimensión las transversales de contracción. Los tipos de juntas más comunes en los pavimentos de concreto son: (Siebold, 2005).

**Juntas transversales de contracción:** estas juntas se construyen transversalmente a la línea central y espaciada, para controlar el agrietamiento por esfuerzos causados por contracción del concreto o encogimiento y cambios de humedad o temperatura. Estas juntas están orientadas en ángulos rectos a la línea central y borde de los carriles o franjas del pavimento. Para reducir la carga dinámica a través de la junta y eliminar cargas simultaneas de las llantas. (Dirección General de Caminos & Ministerio Comunicaciones y Obras Públicas, 2008).

Para controlar las fallas, el intervalo apropiado entre juntas de contracción en pavimentos sencillos depende de las propiedades de contracción del concreto, de las características de fricción de la base o sub-rasante, del espesor de losa y de las propiedades del material sellador de juntas. Se recomienda un espaciamiento máximo

de 20 pies (6.10 metros). (Dirección General de Caminos & Ministerio Comunicaciones y Obras Públicas, 2008).

**Juntas transversales de construcción:** las juntas transversales de construcción son juntas planas y no se benefician del engrape del agregado. Controlan principalmente, el agrietamiento natural del pavimento. Su diseño y construcción apropiados son críticos, para el desempeño general del pavimento. Deben construirse al concluir la operación de pavimentación, al final del día, o al hacer falta suministros de concreto. (Dirección General de Caminos & Ministerio Comunicaciones y Obras Públicas, 2008).

Estas juntas, siempre que sea posible, deben instalarse en la localización de una junta planificada previamente. Al ser colocada la junta al construir en una ubicación planificada o el pavimento no está adyacente a una losa de concreto existente, se requiere dovelas para proporcionar transferencia de carga. Estas juntas siempre están orientadas perpendiculares a la línea central, aún si las juntas de contracción estén esviadas. (Dirección General de Caminos & Ministerio Comunicaciones y Obras Públicas, 2008).

**Juntas de expansión o aislamiento:** se colocan en localización que permite el movimiento del pavimento, sin dañar las estructuras adyacentes (puentes, drenajes, etc.) o el pavimento en sí, en áreas de cambios de dirección del mismo. Las juntas de expansión o aislamiento, deben tener de 19 mm a 25 mm (3/4" a 1") de ancho. (Dirección General de Caminos & Ministerio Comunicaciones y Obras Públicas, 2008).

En las juntas de expansión, un material premoldeado para relleno de juntas debe ocupar el vacío entre la sub – base o sub - rasante y el sellador de la junta. El relleno debe quedar aproximadamente 25.4 mm (1") debajo del nivel de la superficie y debe

extenderse en la profundidad y ancho total de la losa. (Dirección General de Caminos & Ministerio Comunicaciones y Obras Públicas, 2008).

En las juntas de expansión el espesor de la losa debe aumentarse en un 20% a lo largo de la junta de expansión. La transición de espesor es gradual, en una longitud de 6 a 10 veces el espesor del pavimento. (Dirección General de Caminos & Ministerio Comunicaciones y Obras Públicas, 2008).

Finalmente, puede mencionarse a las juntas longitudinales de contracción que dividen los carriles de tráfico y controlan el agrietamiento, donde se colocan dos o más anchos de carriles al mismo tiempo. También a las juntas longitudinales de construcción, que unen carriles de pavimentos adyacentes, en el momento en que estos fueron pavimentados en diferentes fechas. (Dirección General de Caminos & Ministerio Comunicaciones y Obras Públicas, 2008).

### **Diseño de un pavimento.**

El método a utilizar es el de la P.C.A. (Portland Cement Association), los métodos que se usarán en este diseño son los datos de la distribución del eje de carga han sido estimados o determinados. Y cuenta con los siguientes factores de diseño: (López López, 2009).

- a) Tipo de juntas y hombros.
- b) Esfuerzo de flexión del concreto (MR) a los 28 días.
- c) Valor de k, que es la resistencia de la sub- rasante o de la combinación de la sub - rasante y sub-base.

Los métodos elaborados por la P.C.A. para el espesor de las losas son:

- 1) Método de capacidad. Es el procedimiento de diseño aplicado al haber posibilidades de obtener datos de distribución de carga por eje de tránsito. Este

método asume datos detallados de carga por eje, que son obtenidos de estaciones representativas. (López López, 2009).

2) Método simplificado. Éste es aplicado si no es posible obtener datos de carga por eje y se utilizan tablas basadas en distribución compuesta de tráfico clasificado en diferentes categorías de carretera y tipos de calles (ver tabla VII). Las tablas de diseño están calculadas par una vida útil proyectada del pavimento de veinte años y se basan solamente en el tránsito estimado en la vía. (López López, 2009).

Este método sugiere un diseño basado en experiencias generales de comportamiento del pavimento, hechos a escala natural, sujetos a ensayos controlados de tráfico, la acción de juntas y hombros de concreto. Este método asume que el peso y tráfico de camiones en ambos carriles varía de 1 a 1.3 según sea el uso de la carretera, para prevenir sobrecarga de los camiones. (López López, 2009).

Para determinar el espesor de la losa de concreto se hace necesario conocer los esfuerzos combinados de la sub- rasante y la base, (ver tabla VIII), ya que mejoran la estructura de un pavimento. Una comparación importante de bases, de suelo – cemento en relación con las bases granulares, es que existe mayor grado de resistencia estructural en las primeras que en las segundas. El valor aproximado de k (módulo de reacción), se usa en bases granulares y bases de suelo – cemento, y se muestra en tablas IX y X. (Crespo Villa, 1999).

En el diseño de la P.C.A. se hace necesario conocer TPDC (tráfico promedio diario de camiones), el cual puede ser expresado como un porcentaje de TPD (tráfico promedio diario). El tránsito futuro tiene considerable influencia en el diseño, debido a que el crecimiento del mismo se ve afectado por factores como el tránsito desarrollado. Todos estos factores pueden causar razones de crecimiento anual del 2

al 6%, que corresponde a factores de proyección de tránsito a 20 años de 1.2 a 1.8 (ver tabla XI). (Crespo Villa, 1999)

El uso de razones altas de crecimiento para calles residenciales no es aplicable, ya que sus calles soportan poco tránsito, generalmente, es originado en las mismas o es ocasionado por vehículos de reparto, por lo que las tasas de crecimiento podrían estar debajo de 2 % por año (factores de proyección de 1.1 a 1.3), las tablas están diseñadas para un período de 20 año. (Crespo Villa, 1999).

Para otros periodos de diseño, las estimaciones de tránsito TPDC se multiplican por un factor apropiado a fin de obtener un valor ajustado para usar las tablas. Por ejemplo, si se decide utilizar un período de diseño de 40 años en lugar de 20, la estimación del valor del TPDC permisible es multiplicar por 40/20. (Crespo Villa, 1999).

**Velocidades.** La velocidad en una carretera guarda directa relación de dependencia de cuatro factores, distintos a los que particularizan al conductor y su vehículo que son las características físicas de dicha carretera, las condiciones climáticas en su entorno, la presencia o la interferencia de otros vehículos en la corriente del tránsito y los límites vigentes de la velocidad, sean estos de carácter legal o relacionados con el empleo de los dispositivos usuales par el control del flujo vehicular. (Medina Fajardo, 2008).

Para el conductor, la velocidad es uno de los elementos críticos a considerar en la selección de la ruta a transitar o la escogencia de un determinado modo de transporte, ponderándose su importancia en términos de tiempo de recorrido, de costo de viaje, de la combinación de los factores anteriores y de la conveniencia de los usuarios. (Medina Fajardo, 2008).

La mayoría de las corrientes de tránsito registran en su comportamiento variaciones de velocidades que se ubican dentro de una distribución estadística, esto es, que la mayoría de los valores ocurren dentro de un rango central, con muy pocos valores ubicados en los rangos extremos de arriba y de debajo de la distribución; el diseño, en todo caso, busca satisfacer razonablemente los requerimientos de los usuarios en lo relativo a velocidades, bajo condiciones de seguridad y economía en las operaciones, sin dejarse llevar por incómodos extremos, como sucedería si se pretendiera atender al reducido número de usuarios que reclaman mayores velocidades de lo que se juzga razonablemente. (Medina Fajardo, 2008).

En la práctica vial se hace referencia usualmente a tres tipos de velocidades, la de operación, diseño y la de ruedo. (Medina Fajardo, 2008).

**Velocidad de operación:** es la máxima velocidad a la cual un conductor puede viajar por una carretera dada, bajo condiciones climáticas favorables y las condiciones prevalecientes del tránsito, sin que en ningún momento se excedan los límites de seguridad que determina la velocidad de diseño, sección por sección, de dicha carretera. (Ingenieros Consultores de Centro América, S.A., 2003).

**Velocidad de diseño:** también conocida como velocidad directriz, es la máxima velocidad que, en condiciones de seguridad es tan favorable como para hacer prevalecer las características del diseño utilizado. (Ingenieros Consultores de Centro América, S.A., 2003).

En principio, las carreteras deben diseñarse para las mayores velocidades que sean compatibles con los niveles deseados de seguridad vial, movilidad y eficiencia, tomado a la vez debidamente de las restricciones ambientales, económicas, estéticas y los impactos sociales y políticos de tales decisiones. (Ingenieros Consultores de Centro América, S.A., 2003).

La velocidad de diseño debe ser consistente con la velocidad que espera el conductor promedio. En una carretera secundaria con condiciones topográficas favorables, por ejemplo, donde los conductores operan a velocidades relativamente altas, dada su percepción de las condiciones físicas y operativas de la vía, es impropio aplicar una baja velocidad para los riesgos que acarrearía en materia de seguridad. (Ingenieros Consultores de Centro América, S.A., 2003).

Para la AASHTO, una velocidad de diseño de 110 kilómetros por hora en autopistas, vías expresas y otras carreteras troncales, resulta apropiada para aplicar en la categoría superior de los sistemas de carreteras. Éste es el límite superior recomendado para Centroamérica. (Ingenieros Consultores de Centro América, S.A., 2003).

Se admite que, en las categorías inferiores de la clasificación vial, con la debida consideración de las condiciones topográficas del terreno, se reduzcan en forma gradual las velocidades recomendadas para diseño, hasta límites prácticos y razonables. En las arterias urbanas reguladas por los conocidos dispositivos de control del tránsito, se acepta que las velocidades de ruedo sean limitadas a 30 y en determinadas circunstancias hasta 25 kilómetros por hora, con lo que las menores velocidades de diseño pueden ubicarse en los 40 kilómetros por hora. (Ingenieros Consultores de Centro América, S.A., 2003).

La velocidad de diseño determina aquellos componentes de una carretera como curvatura como componente, sobre elevación y distancias de visibilidad, de los que depende la operación segura de los vehículos. Aunque otros elementos del diseño, como decir el ancho de la carretera, los hombros y las distancias a que deben de estar los muros y las restricciones laterales a la vía, no dependen de la velocidad de diseño, se asume que a mayores velocidades de diseño tales elementos deben ser mejorados

dentro de límites prácticos y compatible con las mejoras que insinúa el cambio: (Ingenieros Consultores de Centro América, S.A., 2003).

a) Distribución de las velocidades.

b) Tendencia de las velocidades.

c) Tipo de área.

1. Rural.

2. Urbana.

d) Condiciones del terreno.

1. Plano.

2. Ondulado.

3. Montañoso.

e) Volúmenes de tránsito.

f) Consistencias en el diseño de carreteras similares o complementarias.

g) Condiciones ambientales.

**Velocidades de ruedo:** la velocidad de ruedo, que es la velocidad promedio de un vehículo en un determinado tramo de carretera, obtenida mediante la relación de la distancia recorrida a lo largo de dicho tramo con el tiempo efectivo de ruedo del vehículo, esto es, sin incluir paradas, constituye una buena medida del servicio que la carretera referida brinda al usuario. (Ingenieros Consultores de Centro América, S.A., 2003).

La determinación de la velocidad promedio de ruedo donde el flujo del tránsito, es relativamente continuo, puede efectuarse mediante la aplicación de conocidos procedimientos de la ingeniería de tránsito para la velocidad y cálculo de la velocidad instantánea promedio de un punto característico de dicho tramo. (Ingenieros Consultores de Centro América, S.A., 2003).

En las carreteras de bajo volumen de tránsito, las velocidades promedio de ruedo se aproximan a las velocidades de diseño y llegan a representar entre 90 y 95 por ciento de éstas. A medida que los volúmenes de tránsito aumentan, aumenta igualmente la fricción entre los vehículos en la corriente vehicular y se reducen sensiblemente las velocidades de ruedo, hasta que en su mínima expresión los volúmenes alcanzan niveles de congestión que, deseablemente deben evitarse por todos los medios disponibles en un proyecto vial. (Ingenieros Consultores de Centro América, S.A., 2003).

#### **Drenajes menores en vías pavimentadas.**

Los drenajes en carreteras son los que le dan mayor vida a esta, ya que permiten que el agua de lluvia u otros cursos de agua fluyan sin causarle destrozos. La definición de alcantarilla pluvial, dice que es un conducto que lleva agua a través del terraplén. (Pacheco, 1998).

Es un paso bajo el nivel del pavimento para el agua y el tránsito vehicular pasa sobre ella. La diferencia entre un alcantarillado y un puente, consiste en que la parte superior de una alcantarilla, generalmente, no forma parte del pavimento; por lo contrario, un puente es un eslabón del pavimento. Las alcantarillas pueden ser tubos, arcos y bóvedas. (Pacheco, 1998).

**Consideraciones hidráulicas.** Para determinar si una alcantarilla o drenaje transversal es adecuado, es importante determinar los siguientes factores: el

alineamiento, la pendiente y los métodos de instalación. Si una alcantarilla se obstruye, se disloca o socava, es señal que no tiene la capacidad, ni presta el servicio que se espera de ella en beneficio del pavimento. (Pacheco, 1998).

Una alcantarilla no debe diseñarse para que funcione a sección llena o con la boca de entrada sumergida más de una vez en cada 25 años. En caminos secundarios y poco transitados, el reboso de las aguas sobre el camino una vez cada varios años pueda que no tenga consideraciones serias, si el terraplén se haya protegido. Al tratarse de caminos de mayor transitabilidad, la boca de entrada debe ser tal, que en raras ocasiones quede sumergida y las aguas nunca deben rebosar por encima de la carretera. (Pacheco, 1998).

**Corriente de agua:** existen dos tipos de flujo: laminar y turbulento, generalmente es este último el que predomina. En el caso del flujo turbulento, la resistencia del agua se drena de ellas a través del conducto y depende de la viscosidad, densidad y velocidad, además de la longitud, rugosidad y sección transversal de la alcantarilla. (Steel & Terence, 2005).

La altura de presión necesaria para vencer esta resistencia se conoce como pérdida de carga por fricción. Esta pérdida de cargas en canales, que es el caso de las alcantarillas, está dada por diferencias de elevaciones de la superficie de agua entre los puntos considerados. También se consideran las pérdidas de entrada y salida de la tubería. (Steel & Terence, 2005).

**Gradiente hidráulico:** es una línea imaginaria que une los puntos hasta dónde llega el agua en una serie de tubos piezométricos acoplados a las tuberías a presión o a los canales. El gradiente hidráulico representa la presión a lo largo de tubo, pues en un punto cualquiera, la distancia vertical medida desde el conducto hasta el gradiente

hidráulico, es la columna de presión en ese punto, en canales, es evidente que el gradiente hidráulico coincide con la superficie del agua. (Steel & Terence, 2005).

**Diseño hidráulico:** el diseño hidráulico de una obra consiste en calcular el área necesaria para dar paso al volumen que se concentra en su entrada, para ella se requiere de un estudio previo que abarca, entre otros, los siguientes aspectos. (Steel & Terence, 2005).

- a) Precipitación pluvial.
- b) Área, pendiente y formación geológica de la cuenca.
- c) Uso del terreno aguas arriba de la estructura del drenaje.

Los métodos para un correcto diseño hidráulico requieren de cierta información básica que incluye: el coeficiente de escorrentía para el área local, el área de la cuenca y datos de intensidad de precipitación. Esto es necesario para conocer la cantidad de agua o descarga que correrá en un área determinada. (Steel & Terence, 2005).

Las estructuras de drenaje menor deberán tener la suficiente capacidad para acomodar esta cantidad de agua. La descarga puede determinarse por varios métodos hidrológicos, con el fin de evitar que el drenaje menor sea lo suficientemente capaz de evacuar el agua y así evitar azolvamiento, socavación o daño de pavimento; entre los métodos tenemos: (Steel & Terence, 2005).

a) Por medio de fórmulas: en las que se toman en cuenta la cantidad de lluvia que cae, el tamaño de la cuenca. La pendiente y condiciones de vegetación del lugar. (Steel & Terence, 2005).

1. Formula de Talbot: proporciona directamente el diámetro de la tubería o el área de descarga.

2. Formula racional: esta fórmula que el caudal es igual a un porcentaje de la cantidad de lluvia que cae, multiplicado por el área de la cuenca. (Steel & Terence, 2005).

b) Por medio de estructuras próximas y crecidas máximas marcas: puede ser una tubería o alcantarilla de los alrededores, ubicada sobre la misma corriente, en este caso bastará tomar las medidas de estas y así basarse en ellas para deducir el diámetro necesario. También se puede determinar la descarga por las marcas que deja el agua que deja una correntada, de estas aguas se toma el nivel de crecida y se puede utilizar de 10% al 15% de la creciente normal, para tener un margen aceptable y también se puede usar las crecidas extra-máxima, información que por lo general es proporcionada por los vecinos del lugar. (Steel & Terence, 2005).

### **Requerimientos edáficos para aplicación de pavimento rígido.**

En todo proyecto de pavimentación a realizar se debe tener conocimiento de las características del suelo. El diseño a considerar en el caso del pavimento se basa en los resultados de los ensayos de laboratorio efectuados con material de suelo del lugar del proyecto. Entre los más importantes están los ensayos de granulometría, proctor y CBR. (Bolaños Barrios, 2007).

**Ensayo de granulometría.** El análisis granulométrico es determinar los diferentes tamaños de grano presente en una masa dada. Para lograr lo anterior se debe obtener la cantidad de material que pasa a través de un tamiz, con un tamaño de abertura dado, pero que es retenido en un siguiente tamiz cuya maya tiene aberturas ligeramente menores a la anterior. (Crespo Villalaz, 2004)

Este se relaciona con la cantidad retenida en cada tamiz con el total de la muestra inicial pasada a través de todos los tamices, lo cual es de muchos tamaños, la información obtenida del análisis granulométrico se presenta en forma de curva, los tamices son hechos de malla de alambre forjado, con aberturas rectangulares que van

en tamaño desde 101,6 mm el más grueso hasta el número 0,038 mm correspondiente al suelo fino. (Crespo Villalaz, 2004).

**Límites de Atterberg:** las propiedades plásticas de los suelos arcillosos o limosos son estudiadas por medio de pruebas simples, las más usuales se denominan límites de consistencia o de Atterberg: (Crespo Villalaz, 2004).

a) Límite líquido. Es el contenido de agua del suelo tal para un material dado, este fija el estado casi líquido y el estado plástico, puede utilizarse para estimar asentamientos en estado de consolidación. También es una medida de resistencia al corte del suelo a un determinado contenido de humedad. El procedimiento analítico para la determinación de este límite se basa en la Norma AASTHO T-89 teniéndose como obligatoriedad el hacerlo sobre muestras preparadas en húmedo.

b) Límite plástico. Es el contenido de humedad por debajo del cual el suelo se comporta como un material plástico. El procedimiento analítico para la determinación de este límite se basa en la Norma AASTHO T-90. Para determinar el límite plástico se utiliza una porción de la misma muestra preparada para el ensayo del límite líquido.

c) Índice plástico. es el más importante y el más usado. Es simplemente la diferencia numérica entre el límite plástico y el límite líquido. Indica el margen de humedades dentro de las cuales se encuentra en estado plástico, tal como lo definen los ensayos. Si el límite plástico es mayor que el límite líquido, el índice de plasticidad se considera no plástico.

Tanto el límite líquido como el límite plástico, dependen de la calidad y del tipo de arcilla. Sin embargo, el índice de plasticidad depende, generalmente, de la cantidad de arcilla en el suelo. Si tener un suelo tiene un índice plástico (IP) igual a cero el suelo es no plástico; al ser un índice plástico que es menor de 7, el suelo es de baja

plasticidad; al estar el índice plástico comprendido entre 7 y 17 se dice que el suelo es medianamente plástico; y si el suelo presenta un índice plástico mayor de 17 se dice que es altamente plástico.

**Proctor.** La compactación consiste esencialmente en compactar una muestra de suelo húmedo en un molde cilíndrico de un volumen específico y con una energía de compactación especificada. El procedimiento analítico para la determinación de este límite se basa en la Norma AASTHO T-180 de proctor modificado. La compactación dinámica creada por el impacto de un martillo metálico de una masa específica que se deja caer libremente desde una altura determinada. (Crespo Villalaz, 2004).

El suelo se compacta en un determinado número de capas iguales, cada capa recibe un número especificado de golpes, el cual consta de 3 capas de 25 golpes cada uno en un molde específico. (Crespo Villalaz, 2004).

La compactación en el quinto ensayo se basa en una combinación de presión estática y de vibración, luego de obtener los resultados de las diferentes iteraciones se realiza una gráfica de densidad seca vs. contenido de humedad. En la gráfica como se verá después, el pico define el contenido de humedad óptima, a la cual el suelo llega a la densidad máxima. (Crespo Villalaz, 2004).

**CBR.** El ensayo de CBR (ASTM denomina el ensayo simplemente un ensayo de relación de soporte), mide la resistencia al corte de un suelo bajo condiciones de humedad y densidad controladas. El ensayo permite obtener un número de la relación de soporte, sin embargo, por las condiciones de humedad y densidad, es evidente que este número no es constante para un suelo dado, sino que se aplica solo al estado, en el cual se encontraba el suelo durante el ensayo. El procedimiento analítico para la determinación de este límite se basa en la Norma AASTHO T-193. (Crespo Villalaz, 2004).

En laboratorio ordinariamente deberían compactarse dos moldes de suelo, uno para penetración inmediata y otro para después de dejarlo saturar en agua por un período de 96 horas o más. (Crespo Villalaz, 2004).

Bajo una carga aproximadamente igual al peso del pavimento que se utiliza en el campo, pero en ningún caso menor que 4,5 kg. Es durante este período que se toman registros de expansión para instantes escogidos arbitrariamente. Al final del período de saturación se hace la penetración para obtener el valor de CBR, para el suelo en condiciones de saturación completa. (Crespo Villalaz, 2004).

### **Estudios necesarios para implementación de pavimentos.**

La construcción de infraestructura carretera moderna (camino, autopistas, puentes y libramientos) se relaciona directamente con el avance económico y logístico de un país. De ahí la importancia de que todos los estudios relacionados con su desarrollo se lleven a cabo bajo los estándares establecidos y siguiéndose las normas correspondientes. (VISE, 2018).

En lo que respecta a estudios de campo, los cuales tienen por objetivo brindar a los ingenieros civiles soluciones integrales para la ejecución de la obra, los necesarios en cualquier proyecto carretero son los siguientes: (VISE, 2018).

**Estudios de planeación.** Se enfocan en revisar los inventarios de recursos naturales e industriales de la zona, los estimados de la población, las tendencias del futuro para la población, los estadísticos del tránsito actual y del que la infraestructura generará a futuro, así como en una opinión sobre la conveniencia o no conveniencia de la obra. (VISE, 2018).

Además, se clasifica a las vías terrestres por su función social, penetración económica y por su desarrollo. Las primeras son aquellas que se construyen en regiones con

escaso potencial económico, y su función es comunicar a la sociedad; las segundas se crean para explotar la riqueza y el potencial de los recursos de la zona, y finalmente, las terceras proporcionan mejores servicios para poblaciones con una actividad agrícola, industrial y turística importante, ya que gracias a dichas dinámicas estas personas necesitan más obras de conectividad terrestre. (VISE, 2018).

**Estudios topográficos.** En estos se realiza un reconocimiento general de la zona en la cual se construirá la carretera, autopista, camino o puente, y el objetivo final es hacer un levantamiento topográfico. (VISE, 2018).

Hablar de un reconocimiento topográfico implica analizar las condiciones generales del terreno en el que se trazará la obra, por ello, es necesario considerar los trazos requeridos, así como los datos precisos de las curvas de nivel y las tangentes que integran dichos trazos. (VISE, 2018).

**Estudios hidráulicos.** Sirven, principalmente, para conocer el gasto máximo de agua en época de lluvias, y así determinar en qué lugar es conveniente o necesario colocar alcantarillas para el escurrimiento del agua durante la planeación de la obra. (VISE, 2018).

**Estudios de tránsito.** Su finalidad es determinar las particularidades básicas de la infraestructura que se construye, por ejemplo, el número de carriles de circulación de una carretera, los límites de velocidad ya en operación y tipos de vehículos que podrán circular por ésta. (VISE, 2018).

Como ya se mencionó, en el estudio de tránsito se especifican las características básicas de la obra, ¿por qué es importante considerar dichos aspectos? Porque, por lo general más del 40% de los vehículos son pesados, de estos la mayoría son camiones

de dos ejes, y de acuerdo a las condiciones del terreno, tanto el buen estado de la carretera como el tráfico de la misma pueden verse afectados. (VISE, 2018).

**Estudios de mecánica de suelos.** Ayudan a conocer las peculiaridades del suelo donde se llevará a cabo la obra y de los materiales que se utilizarán para construir la carpeta asfáltica. También facilitan información referente al grado de compactación del suelo. (VISE, 2018).

### **Normas de calidad para pavimentos.**

La Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportes AASHTO por sus siglas en inglés, (American Association of State Highway and Transportation Officials), es un órgano que establece normas, publica especificaciones y hace pruebas de protocolos y guías para el diseño y construcción de autopistas en todo los Estados Unidos. (Córdoba, 2019).

AASHTO es líder internacional en el establecimiento de estándares técnicos para todas las fases del desarrollo del sistema de carreteras. Se emiten normas para el diseño, construcción de carreteras y puentes, materiales y muchas otras áreas técnicas. Según la misma organización, sirve como un catalizador para la excelencia en el transporte al ofrecer: soluciones inteligentes y prácticas prometedoras; información crítica, entrenamiento y datos; asistencia técnica directa a los estados; y experiencia indiscutible. (Córdoba, 2019).

Aunque estas normas no son obligatorias en la mayoría de países de América Latina, si son un importante referente para los gobiernos y para empresas privadas sobre cómo realizar obras de pavimentación en todo el país. Valga anotar que también regula el transporte por aire, ferrocarril, agua y público en Estados Unidos. Su objetivo principal es fomentar el desarrollo, operación y mantenimiento de un sistema nacional integrado de transporte. (Córdoba, 2019).

En Guatemala AARA la elaboración del estudio técnico se utilizan las normas técnicas COGUANOR, las normas internacionales AASHTO y ASTM las cuales son las que se dirigen a la elaboración del material y los ensayos pertinentes que se le deben realizar a elemento estructural de la carpeta de rodadura de concreto rígido. De igual manera se trabaja a través del Libro Azul de la Dirección General de Caminos, y se utilizaran las siguientes normas.

**Cuadro 4. Resumen de normas de calidad para pavimentos.**

Ensayos		Especificaciones	
Muestreo de agregados	AASHTO T 2 ASTM D 75	Agregado Grueso	501.03 (c) y 551.04 (c)*
Densidad Relativa y Absorción de Agregados	AASHTO T 84 y T 180 ASTM C127 y C128	Agregado Fino	501.04 (b) y 551.04 (b)*
Granulometría	AASHTO T 27 y T 11 ASTM C 136 y C 117	Aditivos para concretos Adhesivos para concreto	551.05 * 551.09 *
Materia orgánica en arena	AASHTO T 21 ASTM C 40	Materiales para juntas	501.03 (b) y 551.06*
Partículas friables y Terrones de arcilla	AASHTO T 112 ASTM C 142	Materiales para Curado	551.08 *
Partículas planas y Alargadas	ASTM D 4791	Agua Cemento Hidráulico	551.04 (d) * 501.03 (a) y
Abrasión	AASHTO T 96		551.04*
Estabilidad al Sulfato	ASTM C 131 ASTM C 535 AASHTO T 104	Acero de Refuerzo Barras de Sujeción	Sección 552* 501.03 (g) (2) *
de Sodio	ASTM C 88	Dovelas	501.03 (g) (3) y
Muestreo de concreto fresco en el campo	AASHTO T 141 ASTM C 172 NGO 41057	Clase y Resistencia del Concreto	552.03 (g) * 501.03 (f) y 551.11 *
Asentamiento del concreto	AASHTO T 119 (ASTM C 143)		
Preparación de	AASHTO T 23		

especímenes en el campo	ASTM C 31 NGO 41061		
Ensayo de flexión carga tercios de la luz	AASHTO T 97 (ASTM C 78)		
Ensayo a la compresión	AASHTO T 22 (ASTM C 39)		
Toma y ensayo de testigos de concreto endurecido	AASHTO T 24 (ASTM C 42)		

Fuente: Córdoba, 2019.

### **Base legal.**

La base legal es necesaria para viabilizar y optimizar los procesos de construcción en el caso de las construcciones viales, por lo que analizar las leyes que regulan en Guatemala dentro de las que se encuentran las siguientes:

### **Código Municipal.**

ARTÍCULO 68. Competencias propias del municipio. Las competencias propias deberán cumplirse por el municipio, por dos o más municipios bajo convenio, o por mancomunidad de municipios, y son las siguientes:

- a) Pavimentación de las vías públicas urbanas y mantenimiento de las mismas

ARTÍCULO 70. Competencias delegadas al municipio. El municipio ejercerá competencias por delegación en los términos establecidos por la ley y los convenios correspondientes, en atención a las características de la actividad pública de que se trate y a la capacidad de gestión del gobierno municipal, de conformidad con las prioridades de descentralización, desconcentración y el acercamiento de los servicios públicos a los ciudadanos. Tales competencias podrán ser, entre otras:

- a) Construcción y mantenimiento de caminos de acceso dentro de la circunscripción municipal

### **Reglamento sobre el derecho de vía de los caminos públicos y su relación con los predios que atraviesa.**

Fue emitido por el presidente de la República de Guatemala, Jorge Ubico Castañeda el 5 de junio de 1942, a través de un Acuerdo Gubernativo. Es considerado actualmente una ley ordinaria específica en dicha materia; sin embargo, el ordenamiento jurídico vigente establece que para que exista un Reglamento debe existir una ley creada mediante los procedimientos establecidos previamente, en virtud de que los reglamentos desarrollan la competencia de la ley y establecen los procedimientos a seguir para la aplicación de la norma ordinaria. (Tipografía Nacional, 2000).

Este reglamento fue creado con el propósito de regular todo lo referente a la construcción de caminos y carreteras del país, indicándose las clases de caminos, las dimensiones que debían tener según su categoría y el espacio físico que debe considerarse como el área de terreno paralela a la carretera a favor del Estado. (Tipografía Nacional, 2000).

### **Decreto número 1000 del Congreso de la República de Guatemala.**

Fue creado en 1953. En éste se declara de urgencia nacional el mantenimiento, la ampliación de los caminos y carreteras ya existentes y la construcción de nuevos caminos y carreteras y de utilidad y necesidad pública la expropiación de bienes para ampliar y construir dichas carreteras. Esta ley faculta al Organismo Ejecutivo para ocupar en forma inmediata los bienes inmuebles que considere necesarios para la construcción de nuevas carreteras. (Tipografía Nacional, 2000).

El Congreso de la República de Guatemala al crear este Decreto, consideró, que la apertura de nuevas carreteras aumentaría el valor de los terrenos por donde estas atravesaran, creándose manifiesta plusvalía de esas tierras. (Tipografía Nacional, 2000).

Sin embargo desde el principio se encuentra con el rechazo de los propietarios de las fincas afectadas y el excesivo precio que éstos ponían a las fracciones de terreno que iban a ser expropiados, lo que causó que grandes proyectos carreteros que hubieran sido de gran beneficio para la nación, quedaran en el abandono, llevándose a cabo únicamente los estudios técnicos y las mediciones pero sin que se llegara a ejecutar alguno, debido al excesivo costo que en tiempo y en dinero implicaba para el Estado. (Tipografía Nacional, 2000).

**Decreto Ley número 110.** Fue emitido por el jefe de Gobierno de la República de Guatemala, Enrique Peralta Azurdia, el 19 de septiembre de 1963 y publicado en el Diario Oficial de Centroamérica en Recopilación de Leyes de la República. (Tipografía Nacional, 2000).

En este decreto se establecen ciertas reformas al Decreto número 1000 del Congreso de la República, asimismo instituye el procedimiento para la expropiación de bienes inmuebles que debe llevarse a cabo por el ente encargado para el efecto, y la forma en que se indemnizará a las personas propietarias que sean afectadas por el proyecto y la construcción de vías de comunicación terrestre, a través de la intervención estatal. (Tipografía Nacional, 2000).

Surge a raíz de la demora que se observa en la obtención del derecho de vía de las carreteras y el retraso en su construcción, debido al uso y aplicación del reglamento de derecho de vía, retraso éste que eleva considerablemente el costo de la construcción de las mismas, lo cual, aunado a la falta de una norma específica que trate por completo los temas relacionados con caminos y carreteras, constituye un obstáculo para la obtención del área ya mencionada, del financiamiento respectivo y ocasiona pérdidas muy grandes a la economía nacional con perjuicio de la colectividad. (Tipografía Nacional, 2000).

### **III. COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS.**

Para la comprobación de la hipótesis la cual es: “el incremento en la cantidad de incidentes y accidentes sobre camino rural de tercer orden que conduce de aldea Pachaj hacia aldea Urbina, Cantel, Quetzaltenango, durante los últimos 5 años, por difícil transitabilidad, se debe a la inexistencia de proyecto para aplicación de pavimento rígido”, se identificaron 2 poblaciones a encuestar; para lo cual se utilizó el método deductivo,

De estas, una población (personeros de las siguientes instituciones, Policía Nacional Civil (P.N.C.); Bomberos Voluntarios (96 Cía.); Dirigentes comunitarios de las aldeas involucradas, en Cantel, Quetzaltenango.) se direccionó a obtener información sobre el efecto. Se trabajó la técnica del censo por medio de la población finita cualitativa, con el 100% del nivel de confianza y el 0% de error.

La segunda población de estudio (miembros y técnicos de las siguientes dependencias de la municipalidad de Cantel, Quetzaltenango: Concejo Municipal; Dirección de Municipal de Planificación (D.M.P.)), se direccionó a obtener información sobre la causa de la problemática. Se trabajó la técnica censal, con el 100% del nivel de confianza y el 0% de error.

Para responder efecto, se trabajó con 15 personeros de las siguientes instituciones, Policía Nacional Civil (P.N.C.); Bomberos Voluntarios (96 Cía.); Dirigentes comunitarios de las aldeas involucradas, en Cantel, Quetzaltenango; para responder causa, se identificaron a 7 personas entre miembros y técnicos de las siguientes dependencias de la municipalidad de Cantel, Quetzaltenango: Concejo Municipal; Dirección de Municipal de Planificación (D.M.P.).

De la gráfica uno a la cinco se comprueba la variable Y o efecto principal; mientras que de la gráfica seis a la diez, se comprueba la variable X o causa.

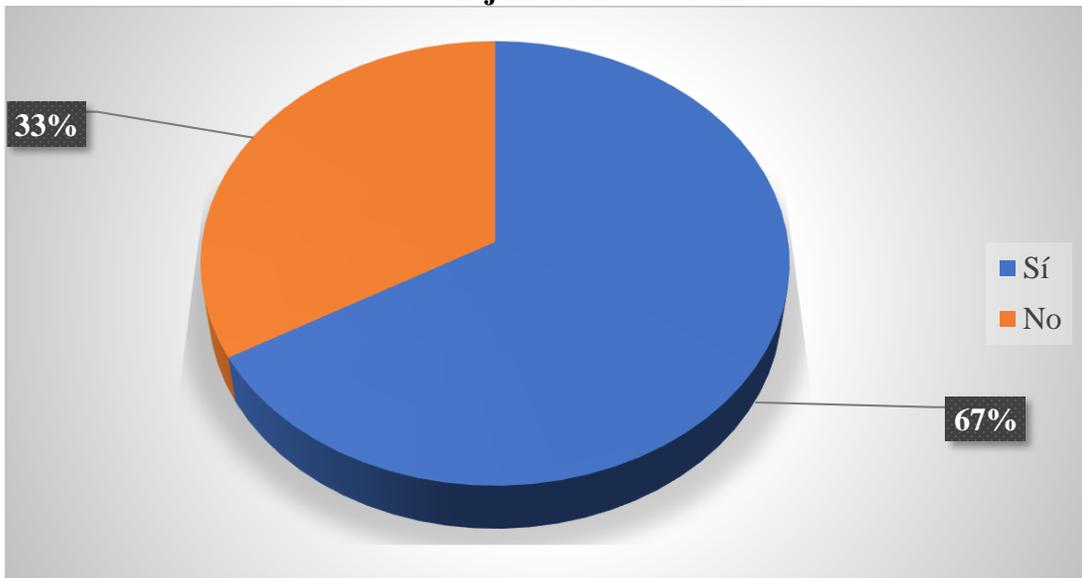
### III.1 Cuadros y gráficas para la comprobación de la variable dependiente (Y) o el efecto.

**Cuadro 5: Personas que consideran que existe incremento en la cantidad de incidentes y accidentes sobre camino rural de tercer orden que conduce de aldea Pachaj hacia aldea Urbina.**

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Sí	10	67
No	05	33
Totales	15	100

Fuente: Autoridades e Instituciones encuestados, junio 2022.

**Gráfica 1: Personas que consideran que existe incremento en la cantidad de incidentes y accidentes sobre camino rural de tercer orden que conduce de aldea Pachaj hacia aldea Urbina.**



Fuente: Autoridades e Instituciones encuestados, junio 2022.

#### **Análisis:**

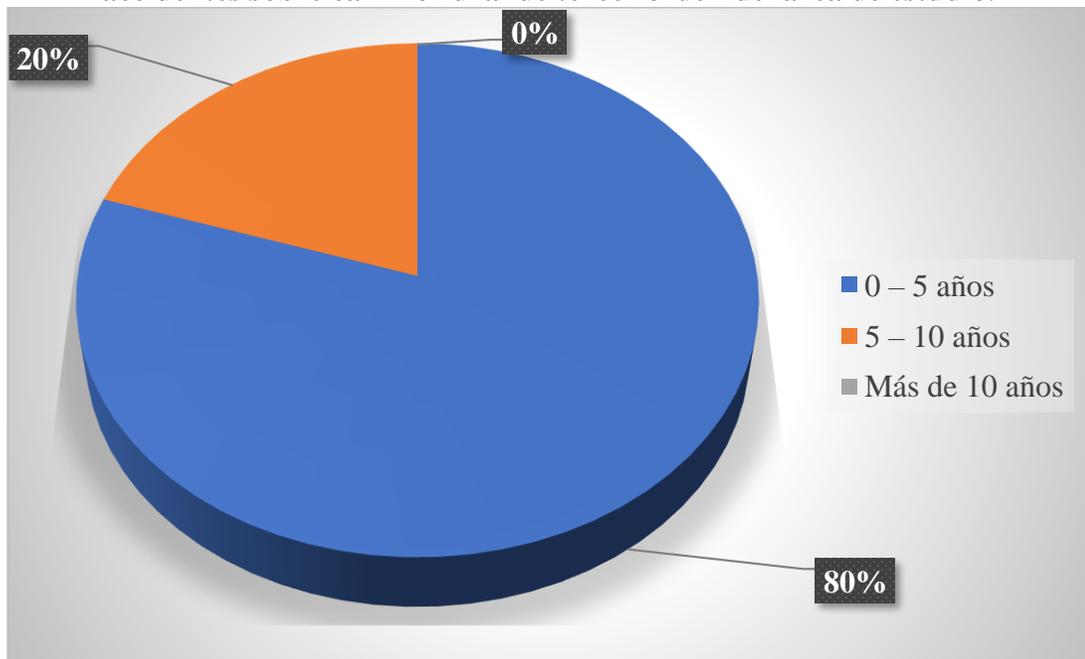
El efecto se confirma mediante la opinión de la mayoría de los encuestados, al indicar que, si existe incremento en la cantidad de incidentes y accidentes sobre el camino rural del área en estudio, lo que afecta la calidad de vida de los conductores y peatones. Mientras que la minoría de ellos, indica lo contrario.

**Cuadro 6: Tiempo presentándose incremento en la cantidad de incidentes y accidentes sobre camino rural de tercer orden del área de estudio.**

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
0 – 5 años	12	80
5 – 10 años	03	20
Más de 10 años	00	00
Totales	15	100

Fuente: Autoridades e Instituciones encuestados, junio 2022.

**Gráfica 2: Tiempo presentándose incremento en la cantidad de incidentes y accidentes sobre camino rural de tercer orden del área de estudio.**



Fuente: Autoridades e Instituciones encuestados, junio 2022.

**Análisis:**

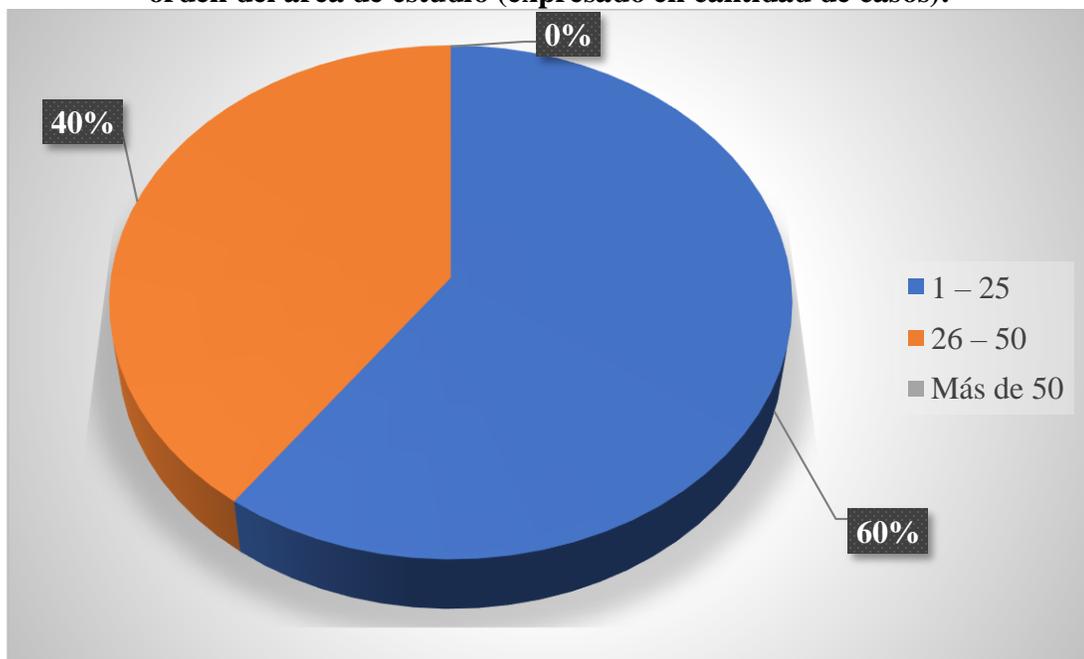
Cuatro quintas partes de los encuestados indican que el incremento en la cantidad de incidentes y accidentes sobre camino rural de tercer orden del área de estudio lleva percibiéndose desde hace cinco años aproximadamente, una quinta parte restante considera que esta situación se ha percibido desde hace 5 a 10 años; con esta información se corrobora el efecto.

**Cuadro 7: Incremento de incidentes y accidentes sobre camino rural de tercer orden del área de estudio (expresado en cantidad de casos).**

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
1 – 25	09	60
26 – 50	06	40
Más de 50	00	00
Totales	15	100

Fuente: Autoridades e Instituciones encuestados, junio 2022.

**Gráfica 3: Incremento de incidentes y accidentes sobre camino rural de tercer orden del área de estudio (expresado en cantidad de casos).**



Fuente: Autoridades e Instituciones encuestados, junio 2022.

**Análisis:**

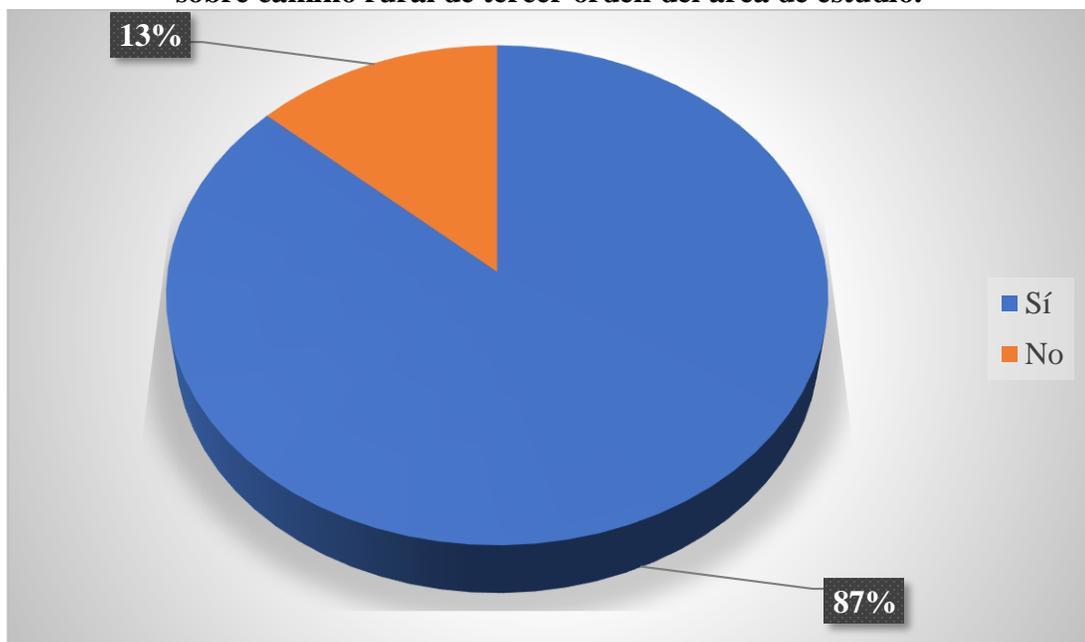
Tres quintas partes de los encuestados consideran que actualmente los incidentes y accidentes sobre camino rural de tercer orden del área de estudio han reportado un incremento de 1 a 25 casos, mientras que dos quintas partes indican que los casos han aumentado entre 26 y 50 casos; con estos datos se comprueba el efecto planteado.

**Cuadro 8: Dificultades por incremento en la cantidad de incidentes y accidentes sobre camino rural de tercer orden del área de estudio.**

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Sí	13	87
No	02	13
Totales	15	100

Fuente: Autoridades e Instituciones encuestados, junio 2022.

**Gráfica 4: Dificultades por incremento en la cantidad de incidentes y accidentes sobre camino rural de tercer orden del área de estudio.**



Fuente: Autoridades e Instituciones encuestados, junio 2022.

**Análisis:**

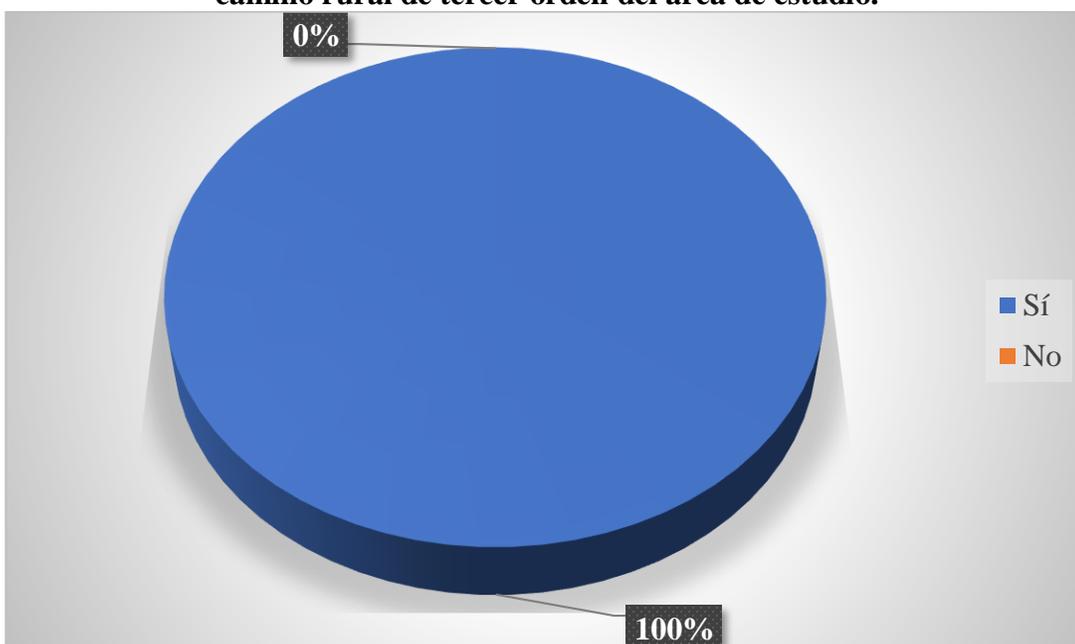
La mayoría de los encuestados manifiestan que el aumento en la cantidad de incidentes y accidentes sobre camino rural de tercer orden ha ocasionado dificultades de distinto tipo en el área de estudio, mientras que una mínima parte considera que la situación es normal en la zona; con esta información se valida el efecto.

**Cuadro 9: Posibilidad de reducir la cantidad de incidentes y accidentes sobre camino rural de tercer orden del área de estudio.**

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Sí	15	100
No	00	00
Totales	15	100

Fuente: Autoridades e Instituciones encuestados, junio 2022.

**Gráfica 5: Posibilidad de reducir la cantidad de incidentes y accidentes sobre camino rural de tercer orden del área de estudio.**



Fuente: Autoridades e Instituciones encuestados, junio 2022.

**Análisis:**

La totalidad de los encuestados aseguran que, pese a que se pueden reducir la cantidad de incidentes y accidentes sobre camino rural de tercer orden en el área de estudio, no se han tomado medidas resolutivas; con esta información se da validez una vez más al efecto.

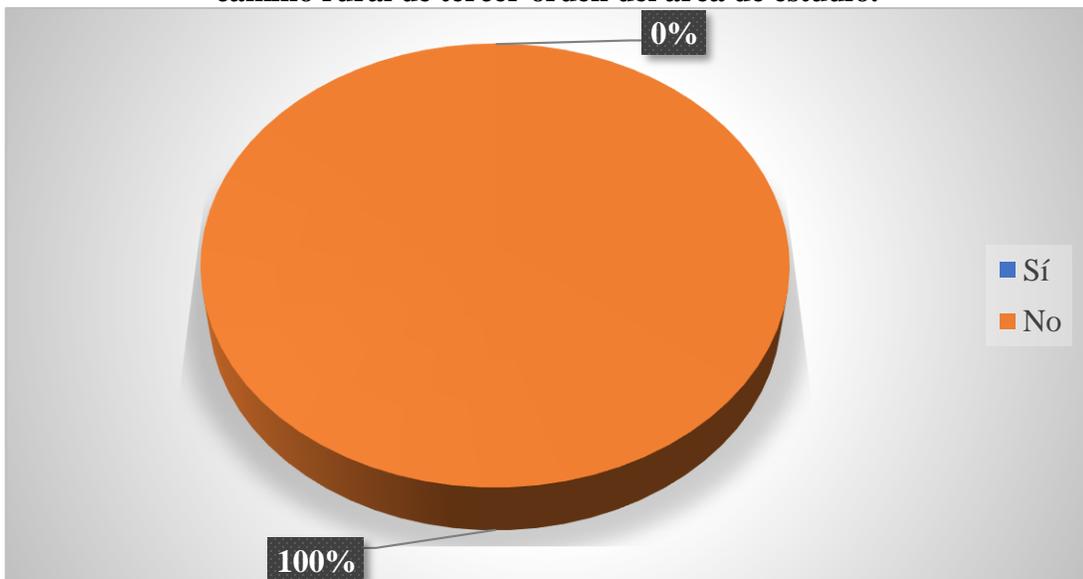
### III.2 Cuadros y gráficas para la comprobación de la variable independiente (X) o la causa.

**Cuadro 10: Existencia de proyecto para aplicación de pavimento rígido en camino rural de tercer orden del área de estudio.**

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Sí	00	00
No	07	100
Totales	07	100

Fuente: Técnicos municipales encuestados, junio 2022.

**Gráfica 6: Existencia de proyecto para aplicación de pavimento rígido en camino rural de tercer orden del área de estudio.**



Fuente: Técnicos municipales encuestados, junio 2022.

#### **Análisis:**

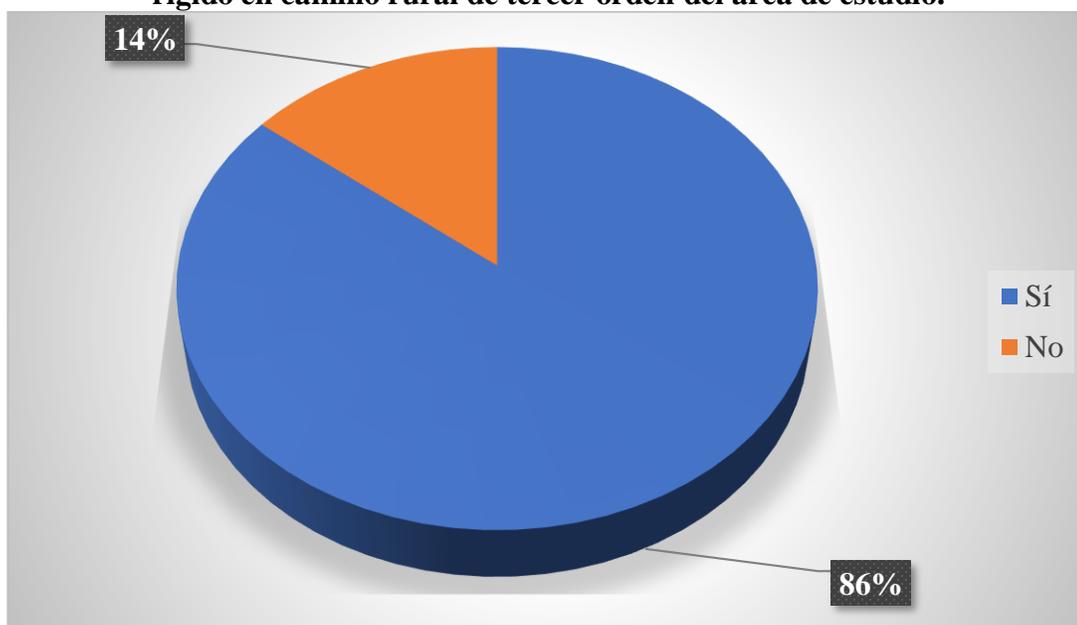
La causa se confirma de manera directa mediante la opinión de la totalidad de los técnicos municipales encuestados, los cuales indican que no se cuenta con proyecto para aplicación de pavimento rígido en camino rural de tercer orden del área de estudio.

**Cuadro 11: Necesidad de implementar proyecto para aplicación de pavimento rígido en camino rural de tercer orden del área de estudio.**

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Sí	06	86
No	01	14
Totales	07	100

Fuente: Técnicos municipales encuestados, junio 2022.

**Gráfica 7: Necesidad de implementar proyecto para aplicación de pavimento rígido en camino rural de tercer orden del área de estudio.**



Fuente: Técnicos municipales encuestados, junio 2022.

**Análisis:**

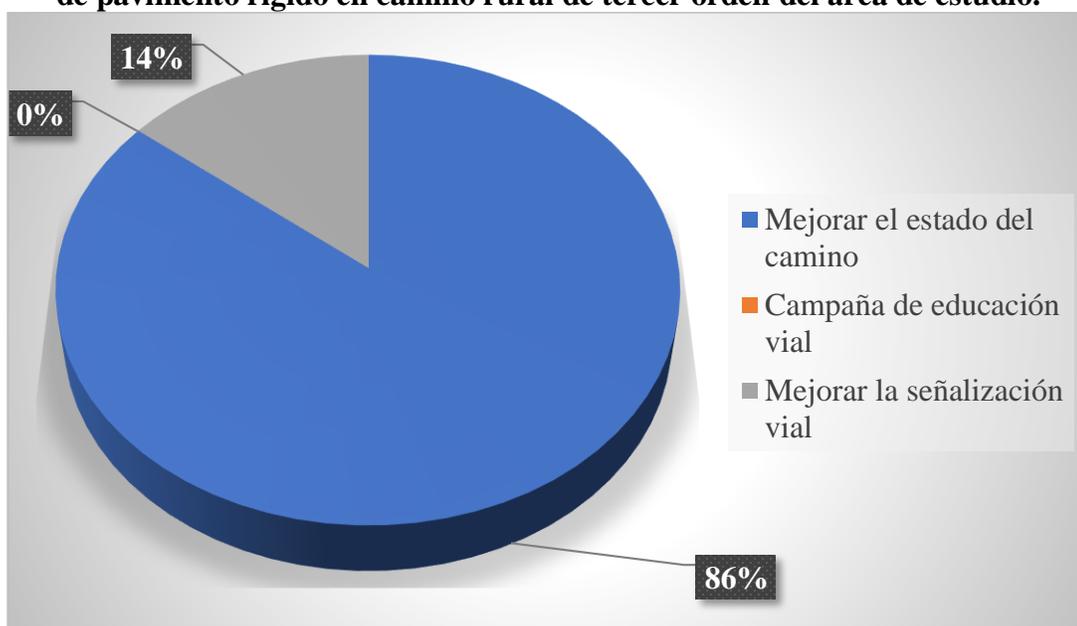
Gran parte de los encuestados aseguran que la implementación de proyecto para aplicación de pavimento rígido es de alta necesidad en camino rural de tercer orden del área de estudio, mientras que una reducida parte restante considera que se tienen otras prioridades en la zona; con esta información se valida la causa.

**Cuadro 12: Acciones a contemplar para implementar proyecto para aplicación de pavimento rígido en camino rural de tercer orden del área de estudio.**

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Mejorar el estado del camino	06	86
Campaña de educación vial	00	00
Mejorar la señalización vial	01	14
Totales	07	100

Fuente: Técnicos municipales encuestados, junio 2022.

**Gráfica 8: Acciones a contemplar para implementar proyecto para aplicación de pavimento rígido en camino rural de tercer orden del área de estudio.**



Fuente: Técnicos municipales encuestados, junio 2022.

**Análisis:**

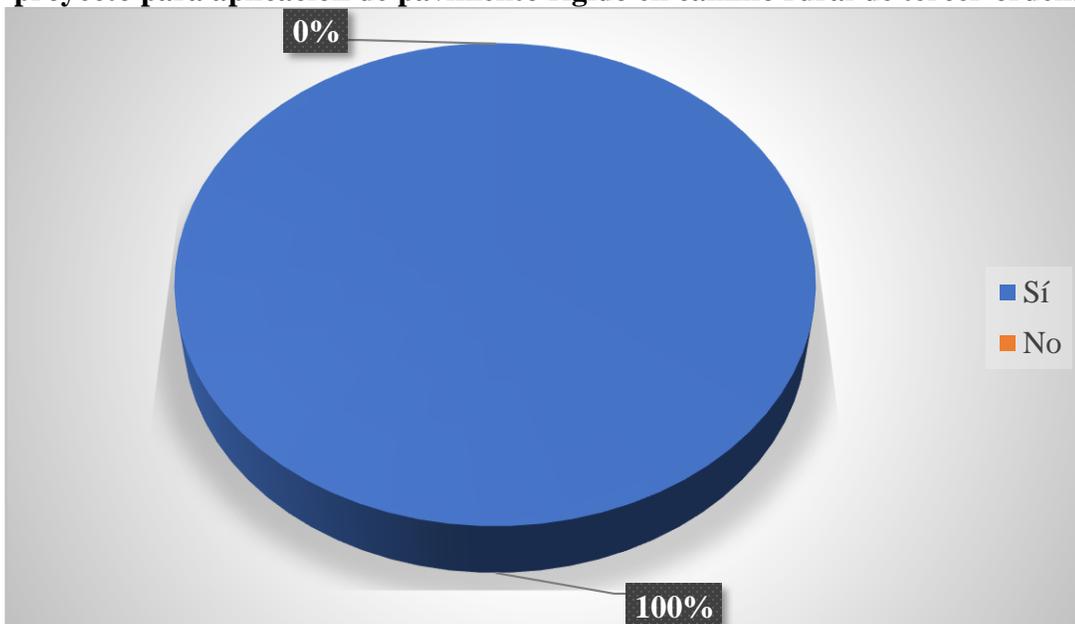
La mayor parte de encuestados considera que al momento de implementarse un proyecto para aplicación de pavimento rígido en camino rural de tercer orden del área de estudio este debe enfocarse en el mejoramiento del estado del camino, por otro lado, una pequeña parte restante consideran que el enfoque debe ser mejorar la señalización; con esta información se comprueba la causa.

**Cuadro 13: Calidad de vida de habitantes de la zona perjudicada por falta de proyecto para aplicación de pavimento rígido en camino rural de tercer orden.**

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Sí	07	100
No	00	00
Totales	07	100

Fuente: Técnicos municipales encuestados, junio 2022.

**Gráfica 9: Calidad de vida de habitantes de la zona perjudicada por falta de proyecto para aplicación de pavimento rígido en camino rural de tercer orden.**



Fuente: Técnicos municipales encuestados, junio 2022.

**Análisis:**

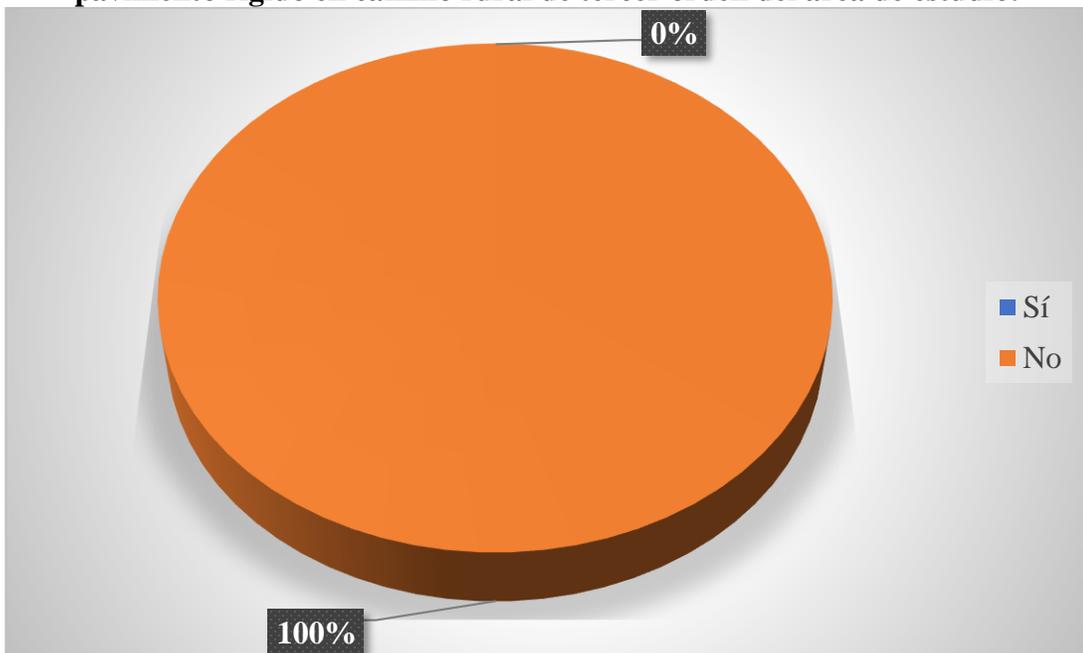
Todos los técnicos municipales encuestados manifiestan que la calidad de vida de los pobladores del área de estudio se ve perjudicada debido a no contar con un proyecto para aplicación de pavimento rígido en camino rural de tercer orden, con esta información se da validez la causa planteada.

**Cuadro 14: Planificación para implementar proyecto para aplicación de pavimento rígido en camino rural de tercer orden del área de estudio.**

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Sí	00	00
No	07	100
Totales	07	100

Fuente: Técnicos municipales encuestados, junio 2022.

**Gráfica 10: Planificación para implementar proyecto para aplicación de pavimento rígido en camino rural de tercer orden del área de estudio.**



Fuente: Técnicos municipales encuestados, junio 2022.

**Análisis:**

El total de técnicos municipales encuestados indican que no han considerado dentro de su planificación laboral la ejecución de proyecto para aplicación de pavimento rígido en camino rural de tercer orden del área de estudio, con esto se evidencia el descuido de las autoridades en la zona y por qué no existe tal proyecto, corroborándose la causa nuevamente.

## **IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

### **IV.1 Conclusiones.**

La investigación se realizó en camino rural de tercer orden que conduce de aldea Pachaj hacía aldea Urbina, Cantel, Quetzaltenango, con 15 elementos de PNC, Bomberos Municipales y autoridades comunitarias, así como 7 profesionales de la Municipalidad; fue orientada para confirmar la hipótesis. Al considerar los resultados obtenidos en la tabulación presentada en el capítulo anterior sobre la investigación, se enlistan las siguientes conclusiones.

1. Se comprueba la hipótesis planteada: “el incremento en la cantidad de incidentes y accidentes sobre camino rural de tercer orden que conduce de aldea Pachaj hacía aldea Urbina, Cantel, Quetzaltenango, durante los últimos 5 años, por difícil transitabilidad, se debe a la inexistencia de proyecto para aplicación de pavimento rígido”, con el 100% de nivel de confianza y 0% de error tanto para la variable efecto como la variable causa.
2. Los accidentes e incidentes viales no han disminuido en el camino de la zona de estudio.
3. El aumento en accidentes e incidentes viales se han percibido desde hace cinco años aproximadamente.
4. Se ha reportado un incremento de entre 1 a 25 casos de accidentes e incidentes viales en el camino del área de estudio durante el último año.
5. El tránsito en el camino de la zona de estudio se ha dificultado derivado de los accidentes e incidentes viales.

6. No se han tomado medidas que permitan reducir la cantidad de incidentes y accidentes viales sobre camino rural de tercer orden del área de estudio.

7. No se cuenta con proyecto para aplicación de pavimento rígido en camino rural de tercer orden que conduce de aldea Pachaj hacía aldea Urbina.

8. Ejecutar un proyecto para aplicación de pavimento rígido en camino rural de tercer orden de la zona es de carácter urgente.

9. El estado del camino rural de tercer orden de la zona de estudio se encuentra en malas condiciones.

10. La calidad de vida de los habitantes del área de estudio se ha visto perjudicada al no contar con proyecto para aplicación de pavimento rígido en camino rural de tercer orden.

11. Los profesionales del área de estudio no consideran ejecutar un proyecto para aplicación de pavimento rígido en camino rural de tercer orden.

#### **IV.2 Recomendaciones.**

Los datos obtenidos a través de la investigación en camino rural de tercer orden que conduce de aldea Pachaj hacía aldea Urbina, Cantel, Quetzaltenango, arrojan incremento de incidentes y accidentes viales, provocado por falta de proyecto para aplicación de pavimento rígido, por tanto, que se recomienda emplear las sugerencias descritas a continuación.

1. Ejecutar el proyecto para aplicación de pavimento rígido en camino rural de tercer orden que conduce de aldea Pachaj hacía aldea Urbina, Cantel, Quetzaltenango.

2. Impulsar estrategias de remozamiento de infraestructura vial para detener el aumento de incidentes y accidentes viales en el área de estudio.
3. Resolver las deficiencias viales que han permitido el aumento de incidentes y accidentes viales en el área en los último cinco años.
4. Disminuir la cantidad anual de incidentes y accidentes viales reportados en el área de estudio.
5. Lograr la facilidad de tránsito de vehículos y peatones en el camino de la zona de estudio.
6. Tomar medidas concretas enfocadas en el mejoramiento de la seguridad de los usuarios del camino de la zona de estudio.
7. Promover el desarrollo adecuado del proyecto para aplicación de pavimento rígido en camino rural de tercer orden que conduce de aldea Pachaj hacía aldea Urbina.
8. Invertir en la ejecución inmediata del proyecto para aplicación de pavimento rígido en camino rural de tercer orden del área de estudio.
9. Priorizar el buen estado del camino rural de tercer orden de la zona de estudio.
10. Mejorar la calidad de vida de los habitantes de la zona de estudio mediante la ejecución de proyecto para aplicación de pavimento rígido en camino.
11. Exigir a las autoridades correspondientes la implementación de proyecto para aplicación de pavimento rígido en camino rural de tercer orden del área.

## BIBLIOGRAFÍA.

1. Abbas, A., Hefny, A., & Abu-Zidan, F. (2011). *Seatbelts and road traffic collision injuries*. Sidney, Australia: World J Emerg Surg.
2. Anon, E. (1991). *Highway construction/ Ground insulation*. Roma, Italia: BAYLI.
3. Argueta, B. E. (2014). *MANUAL DE APLICACIÓN TÉCNICA DEL DERECHO DE VÍA EN CARRETERAS Y PUENTES DE GUATEMALA*. Ciudad de Guatemala, Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
4. Argueta, B. E. (2014). *MANUAL DE APLICACIÓN TÉCNICA DEL DERECHO DE VÍA EN CARRETERAS Y PUENTES DE GUATEMALA*. Ciudad de Guatemala Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
5. Aristizabal, J. (2000). *Estructuras de vigas sobre suelos elásticos de rigidez variable*. Buenos Aires, Argentina: Rev. Int.
6. Ávila, A. (22 de Febrero de 2019). *Outdooractive*. Obtenido de Tipos de camino: <https://www.outdooractive.com/es/knowledgepage/tipos-de-camino/37891261/>
7. Banco Mundial. (2014). *Evaluación Ambiental (Volumen I; II y III)*. Ginebra, Suiza: BM.
8. Bartl, G., & Hager, B. (2006). *Car accident cause analysis*. Chicago, USA: Institut Gute Fahrt.
9. Begault, D. (2017). *Head-up auditory displays for traffic collision avoidance system advisories: A preliminary investigation*. Amsterdam, Holland: Ergonomics Society.
10. Bolaños Barrios, W. (2007). *Guía teórica y práctica del curso de pavimentos*. Guatemala, Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
11. Bolaños, W. R. (2007). *GUIA TEÓRICA Y PRÁCTICA DEL CURSO DE PAVIMENTOS Y MANTENIMIENTO DE CARRETERAS*. Guatemala: USAC.
12. Carrazana Gómez, R., & Rubio Casanovas, M. (1997). *Técnicas básicas de construcción*. La Habana, Cuba: Pueblo y Educación.

13. Córdoba, D. (23 de Junio de 2019). *Arkin*. Obtenido de Estándar de calidad en pavimentos: <https://arkin.mx/estandar-de-calidad-en-pavimentos/>
14. Crespo Villa, C. (1999). *Mecánica de suelos y cimentaciones*. México, México: Limusa.
15. Crespo Villalaz, C. (2004). *Mecánica de suelos y cimentaciones*. México, México: Limusa.
16. Dirección General de Caminos, & Ministerio Comunicaciones y Obras Públicas. (2008). *Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras y Puentes*. Guatemala, Guatemala: Gobierno de Guatemala.
17. Escobar, M. (2011). La carretera y sus firmes. *CIMBRA*, 23.
18. Espasa. (1940). *Enciclopedia Universal Ilustrada Europeo-Americana*. Madrid, España: Omega.
19. Federal Highway Administration. (2008). *Warm Mix Asphalt Technologies and Research*. Londres, Reino Unido: FHA.
20. García López, S. (16 de Mayo de 2004). *Biblioteca Virtual USAC*. Obtenido de Diseño de pavimento rígido del barrio Colombita de la ciudad de Coatepeque, Quetzaltenango: [http://biblioteca.usac.edu.gt/EPS/08/08\\_0033.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/EPS/08/08_0033.pdf)
21. Garcia, M. A. (2011). *PAVIMENTOS*. Ciudad de México, México: Universidad Nacional Autonoma de Mexico.
22. Gonzalez Gonzalez, J. (2011). *Criminología vial. Un nuevo enfoque multidisciplinar*. Buenos Aires, Argentina: Alfa.
23. Gordon, K., & Sherar, J. (2013). *Ingeniería de los Camino Rurales: Guía de Campo para las Mejores Prácticas de Administración de Caminos Rurales*. Madrid, España: Mundi Prensa.
24. Hernández, M., Valdés, F., & García, E. (2007). *Lesiones no intencionales*. La Habana, Cuba: Editorial Ciencias Médicas.
25. Ingenieros Consultores de Centro América. (2001). *Especificaciones generales para la construcción de carreteras y puentes*. Guatemala, Guatemala: Dirección General de Caminos Ministerio de Comunicaciones.

26. Ingenieros consultores de Centro América, S. (2011). Especificaciones generales para construcción de carreteras y puentes. En S. Ingenieros consultores de Centro América, *Pavimento de concreto de cemento hidráulico*. (pág. 339). República de Guatemala.
27. Ingenieros Consultores de Centro América, S.A. (2003). *Especificaciones generales para la construcción de carreteras y puentes*. Guatemala, Guatemala: Dirección General de Caminos Ministerio de Comunicaciones Infraestructura y Vivienda.
28. ITIL, I. (23 de Abril de 2012). *ITIL Library*. Obtenido de The ITIL Open Guide: [https://www.itlibrary.org/index.php?page=Incident\\_Management](https://www.itlibrary.org/index.php?page=Incident_Management)
29. Iturbide, J. C. (2002). *Manual Centroamericano para el diseño de pavimentos*. Mexico: Chiguagua.
30. Kraemer, P. R. (2003). *INGENIERIA DE CARRETERAS* (Vol. I). Madrid, España: COFAS, S.A.
31. López López, J. (2009). *Manual de cursos de pavimentación*. Guatemala, Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
32. Madenci, E., & Ibrahim, G. (2006). *The Finite Element Method and Applications in Engineering Using ANSYS*. New York, EE.UU.: Springer.
33. Medina Fajardo, C. (2008). *Diseño de pavimento del tramo carretero de la aldea Laguna Seca hacia la aldea El Durazno y diseño de las instalaciones del instituto por cooperativa de la aldea Las Trojes municipio de Amatitlán, departamento de Guatemala*. Guatemala, Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
34. Ministerio de Fomento de España. (2012). *Norma 6 I.C de Firmes*. Madrid, España: MFE.
35. Moaveni, S. (2003). *Finite Element Analysis, Theory and Application with Ansys*. Berlin, Alemania: Prentice Hall.
36. Montoya, G. (03 de Agosto de 2008). *Universidad Nacional de Ingeniería de Colombia*. Obtenido de Ingeniería de Tránsito: <https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/apuntes-ingenieria-de-transito.pdf>

37. Morales, C. (05 de Agosto de 2018). *PIARC*. Obtenido de Término del Diccionario Vial: Transitabilidad: <https://www.piarc.org/es/actividades/Diccionario-Vial-Terminologia-Transporte-Carretera/ficha-termino/93788-es-transitabilidad#:~:text=Definici%C3%B3n%203A%20Calidad%20funcional%20de%20la,velocidad%20adecuada%20a%20su%20categor%C3%ADa>.
38. Nam, J., Kim, D., Choi, S., & Won, M. (2007). *Variation of crack width over time in continuously reinforced concrete pavement*. Tokio, Japón: Research Record.
39. Pacheco, A. (1998). *El control del agua en el diseños de pavimentos*. México: Limusa.
40. Paz Stubbs, A. (2000). *Pavimentos, tipo y usos*. Guatemala, Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
41. Pérez, L. (2016). *¿Tráfico o tránsito? Dudas del idioma*. Guatemala, Guatemala: Universidad Francisco Marroquín.
42. Quintana, J. (2013). *Pavimento de concreto estructuralmente reforzado*. Puebla, México: Ingeniería Civil Issue.
43. Robertson, L. (2015). *Injury Epidemiology: Fourth Edition*. Manchester, UK: Nanlee.
44. Salazar Velásquez, J. (2012). *Indicadores estatales de seguridad vial*. Madrid, España: Agencia Nacional de Tránsito.
45. Siebold, G. (2005). *Manual Centroamérica de Normas para el Diseño de Carreteras Regionales*. Panamá, Panamá: SIECA.
46. Steel, E., & Terence, J. (2005). *Alcantarillados, drenajes y pavimentación*. Barcelona, España: Gustavo Pili S.A.
47. Tabasso, C. (2009). *Paradigmas, teorías y modelos de la seguridad y la inseguridad vial*. Santiago de Chile: PP.
48. Taylor, G., Easter, K., & Hegney, R. (2006). *Mejora de la salud y la seguridad ciudadana*. Madrid, España: Elsevier.

49. Tipografía Nacional. (2000). *Recopilación de Leyes de la República*. Guatemala, Guatemala: Congreso de la República de Guatemala.
50. Vargas Sanabria, M., & Solano Calderón, L. (2010). *Regulación y Control del Transporte Terrestre Tránsito y Seguridad Vial*. Buenos Aires, Argentina: Ministerio de Transporte y Obras Públicas.
51. Villarroel Ortiz, M. (2013). *Datos sobre la seguridad vial en la Región de las Américas*. Santiago de Chile: Organización Panamericana de la Salud.
52. VISE. (27 de Julio de 2018). *VISE*. Obtenido de Estudios de campo para construir una obra carretera: <https://blog.vise.com.mx/estudios-de-campo-para-construir-una-obra-carretera>
53. Woom, M. (2008). *Improvements of testing procedures for concrete coefficient of thermal expansion*. Tokio, Japón: Research Record.

## ANEXOS.

### Anexo 1. Formato dominó.

#### *Modelo de investigación: Dominó*

*(Derechos reservados por Doctor Fidel Reyes Lee y Universidad Rural de Guatemala)*

Elaborado por: Edgar Augusto Hernández Rodas Para: Programa de Graduación Universidad Rural de Guatemala Fecha: 24 de mayo de 2022.

Problema	Propuesta	Evaluación
<p>1) Efecto o variable dependiente</p> <p>Incremento en la cantidad de incidentes y accidentes sobre camino rural de tercer orden que conduce de aldea Pachaj hacía aldea Urbina, Cantel, Quetzaltenango, durante los últimos 5 años.</p>	<p>4) Objetivo general</p> <p>Disminuir cantidad de incidentes y accidentes sobre camino rural de tercer orden que conduce de aldea Pachaj hacía aldea Urbina, Cantel, Quetzaltenango.</p>	<p>15) Indicadores, verificadores y cooperantes del objetivo general</p> <p>Indicadores: Al primer año de ejecutada la propuesta, disminuye la cantidad de incidentes y accidentes sobre camino rural de tercer orden, y a la vez se soluciona la problemática en 90%.</p>
<p>2) Problema central</p> <p>Difícil transitabilidad en camino rural de tercer orden que conduce de aldea Pachaj hacía aldea Urbina, Cantel, Quetzaltenango.</p>	<p>5) Objetivo específico</p> <p>Mejorar transitabilidad en camino rural de tercer orden que conduce de aldea Pachaj hacía aldea Urbina, Cantel, Quetzaltenango.</p>	<p>Verificadores: Reportes de la unidad ejecutora; de la Policía Nacional Civil (P.N.C.); de los Bomberos Voluntarios (96 Cía.); encuestas a habitantes mayores de 18 años.</p> <p>Supuestos: La unidad ejecutora en conjunto con COVIAL, implementa la campaña de concientización sobre Buenas Prácticas de Manejo Vehicular, dirigida a conductores para concretar el objetivo general.</p> <p>Cooperantes: COVIAL.</p>
<p>3) Causa principal o variable independiente</p> <p>Inexistencia de proyecto para aplicación de</p>	<p>6) Nombre</p> <p>Proyecto para aplicación de pavimento rígido en camino rural de</p>	<p>16) Indicadores, verificadores y cooperantes del objetivo específico</p>

<p>pavimento rígido en camino rural de tercer orden que conduce de aldea Pachaj hacia aldea Urbina, Cantel, Quetzaltenango.</p>	<p>tercer orden que conduce de aldea Pachaj hacia aldea Urbina, Cantel, Quetzaltenango.</p>	<p>Indicadores: Al primer año de implementada la propuesta, se mejora la transitabilidad en camino rural de tercer orden y se concreta el 95% de solución identificada al problema central.</p>
<p>7) Hipótesis El incremento en la cantidad de incidentes y accidentes sobre camino rural de tercer orden que conduce de aldea Pachaj hacia aldea Urbina, Cantel, Quetzaltenango, durante los últimos 5 años, por difícil transitabilidad, se debe a la inexistencia de proyecto para aplicación de pavimento rígido.</p>	<p>12) Resultados o productos * Se cuenta con la Dirección de Municipal de Planificación (D.M.P.) de la Municipalidad de Cantel, Quetzaltenango como Unidad Ejecutora. * Se elabora anteproyecto de Proyecto para aplicación de pavimento rígido en camino rural de tercer orden que conduce de aldea Pachaj hacia aldea Urbina, Cantel, Quetzaltenango.</p>	<p>Verificadores: Reportes de la unidad ejecutora; de la Policía Nacional Civil (P.N.C.); de los Bomberos Voluntarios (96 Cía.); encuestas a habitantes mayores de 18 años. Supuestos: La unidad ejecutora implementa el programa de mantenimiento vial enfocado a garantizar la transitabilidad del área y con ello alcanzar el objetivo específico.</p>
<p>8) Preguntas clave y comprobación del efecto a) ¿Considera usted que existe incremento en la cantidad de incidentes y accidentes sobre camino rural de tercer orden que conduce de aldea Pachaj hacia aldea Urbina? Sí _____ No _____ b) ¿Desde hace cuánto tiempo existe incremento en la cantidad de incidentes y accidentes sobre camino rural de tercer orden que conduce de aldea Pachaj hacia aldea Urbina? 0-5 años ___ 5-10 años ___ Más de 10 años ___ c) ¿En qué cantidad se ha reportado el incremento en la cantidad de incidentes y accidentes sobre camino rural de tercer orden que conduce de aldea Pachaj hacia aldea Urbina, en el último año? 0-25 ___ 26-50 ___ Más de 50 ___</p>	<p>13) Ajustes de costos y tiempo</p> <p><b>N/A</b></p>	

Dirigidas a personeros de las siguientes instituciones, Policía Nacional Civil (P.N.C.); Bomberos Voluntarios (96 Cia); Dirigentes comunitarios de las aldeas involucradas, en Cantel, Quetzaltenango.

Boletas 15, población censal, con el 100% de nivel de confianza y 0% de error.

9) Preguntas clave y comprobación de la causa principal

a) ¿Conoce si existe proyecto para aplicación de pavimento rígido en camino rural de tercer orden que conduce de aldea Pachaj hacia aldea Urbina? Sí \_\_\_  
No \_\_\_

b) ¿Considera usted que es necesario implementar el proyecto para aplicación de pavimento rígido en camino rural de tercer orden que conduce de aldea Pachaj hacia aldea Urbina? Sí \_\_\_ No \_\_\_

c) ¿Cree usted que la inexistencia de proyecto para aplicación de pavimento rígido en camino rural de tercer orden que conduce de aldea Pachaj hacia aldea Urbina, afecta la calidad de vida de los habitantes? Sí \_\_\_ No \_\_\_

Dirigidas a miembros y técnicos de las siguientes dependencias de la municipalidad de Cantel, Quetzaltenango: Concejo Municipal; Dirección de Municipal de Planificación (D.M.P.).

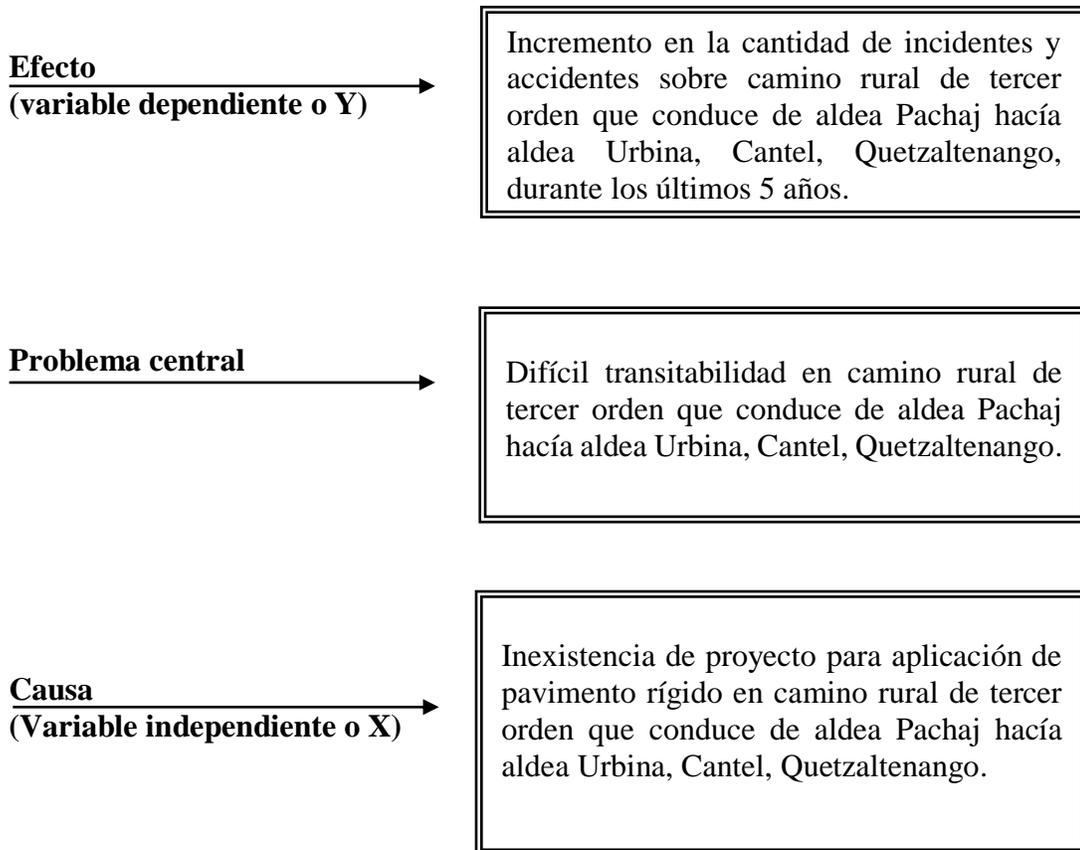
Boletas 7, población censal, con el 100% de nivel de confianza y 0% de error.

<p>10) Temas del Marco Teórico</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Incidentes.</li> <li>b) Accidentes.</li> <li>c) Accidentes e incidentes viales.</li> <li>d) Indicadores del incremento de accidentes e incidentes viales.</li> <li>e) Transitabilidad.</li> <li>f) Camino.</li> <li>g) Tipos de caminos.</li> <li>h) Categoría de caminos.</li> <li>i) Caminos rurales.</li> <li>j) Camino rural de tercer orden.</li> <li>k) Indicadores de la difícil transitabilidad en caminos rurales de tercer orden.</li> <li>l) Pavimento.</li> <li>m) Tipos de pavimentos.</li> <li>n) Pavimento rígido.</li> <li>o) Plan para aplicación de pavimento</li> <li>p) Rígido en caminos rurales de tercer orden.</li> <li>q) Normas de calidad.</li> <li>r) Base legal.</li> </ul>	<p>14) Anotaciones, aclaraciones y advertencias</p> <p>Forma de presentar resultados:</p> <p>El investigador para cada resultado debe identificar por lo menos cuatro actividades:</p> <p>R1: Se cuenta con la Dirección Municipal de Planificación (D.M.P.) de la Municipalidad de Cantel, Quetzaltenango como Unidad Ejecutora.</p> <p>A1</p> <p>An</p> <p>R2: Se elabora anteproyecto de Proyecto para aplicación de pavimento rígido en camino rural de tercer orden que conduce de aldea Pachaj hacia aldea Urbina, Cantel, Quetzaltenango.</p> <p><b>Nombre: Edgar Augusto Hernández Rodas</b> <b>Carné: 16-003-0181</b></p> <p><b>Sede: 003 Quetzaltenango</b> <b>Carrera: Ingeniería Civil con énfasis en</b></p> <p><b>Construcciones Rurales</b></p> <p><b>Grupo: 02-979-003-20</b></p>
<p>11) Justificación</p> <p>El investigador debe evidenciar con proyección estadística y matemática, el comportamiento del efecto identificado en el árbol de problemas.</p>	

## Anexo 2. Árbol de problemas, hipótesis y árbol de objetivos.

### Árbol de problemas.

Tópico: Dificil transitabilidad en camino rural de tercer orden.



### Hipótesis causal:

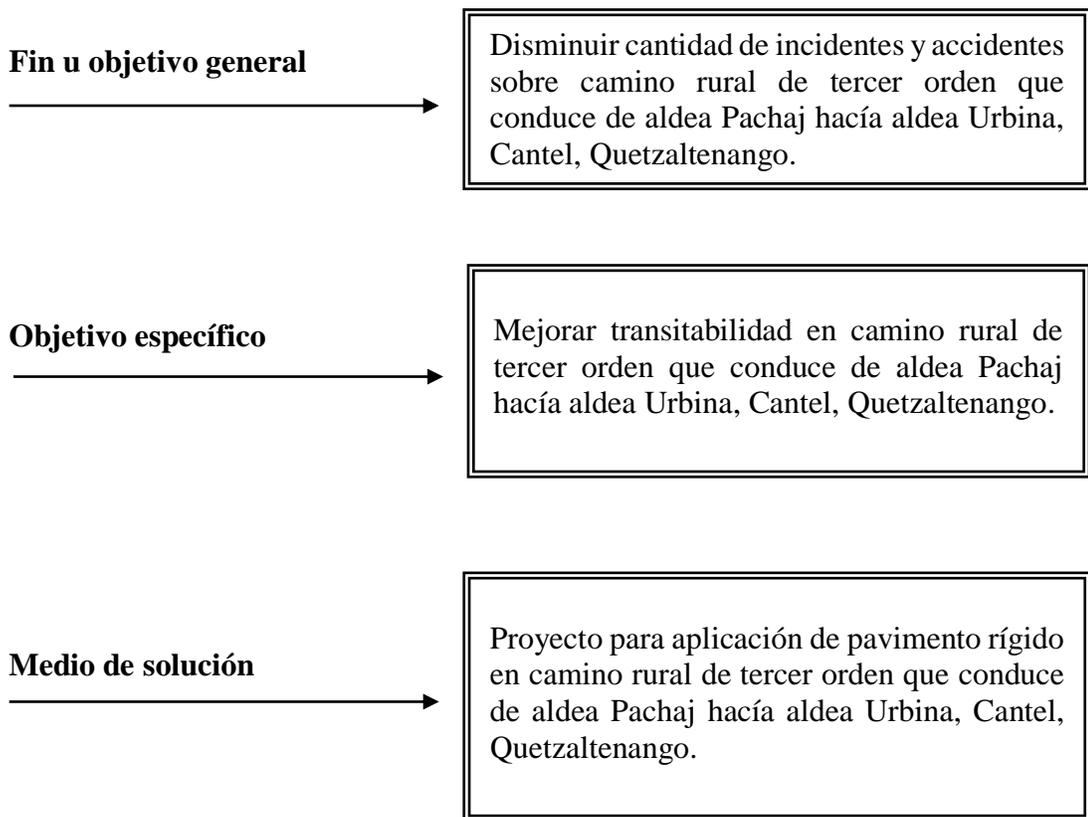
“El incremento en la cantidad de incidentes y accidentes sobre camino rural de tercer orden que conduce de aldea Pachaj hacia aldea Urbina, Cantel, Quetzaltenango, durante los últimos 5 años, por difícil transitabilidad, se debe a la inexistencia de proyecto para aplicación de pavimento rígido”.

**Hipótesis interrogativa:**

¿Será la inexistencia de proyecto para aplicación de pavimento rígido la causante del incremento en la cantidad de incidentes y accidentes sobre camino rural de tercer orden que conduce de aldea Pachaj hacia aldea Urbina, Cantel, Quetzaltenango, durante los últimos 5 años, por difícil transitabilidad?

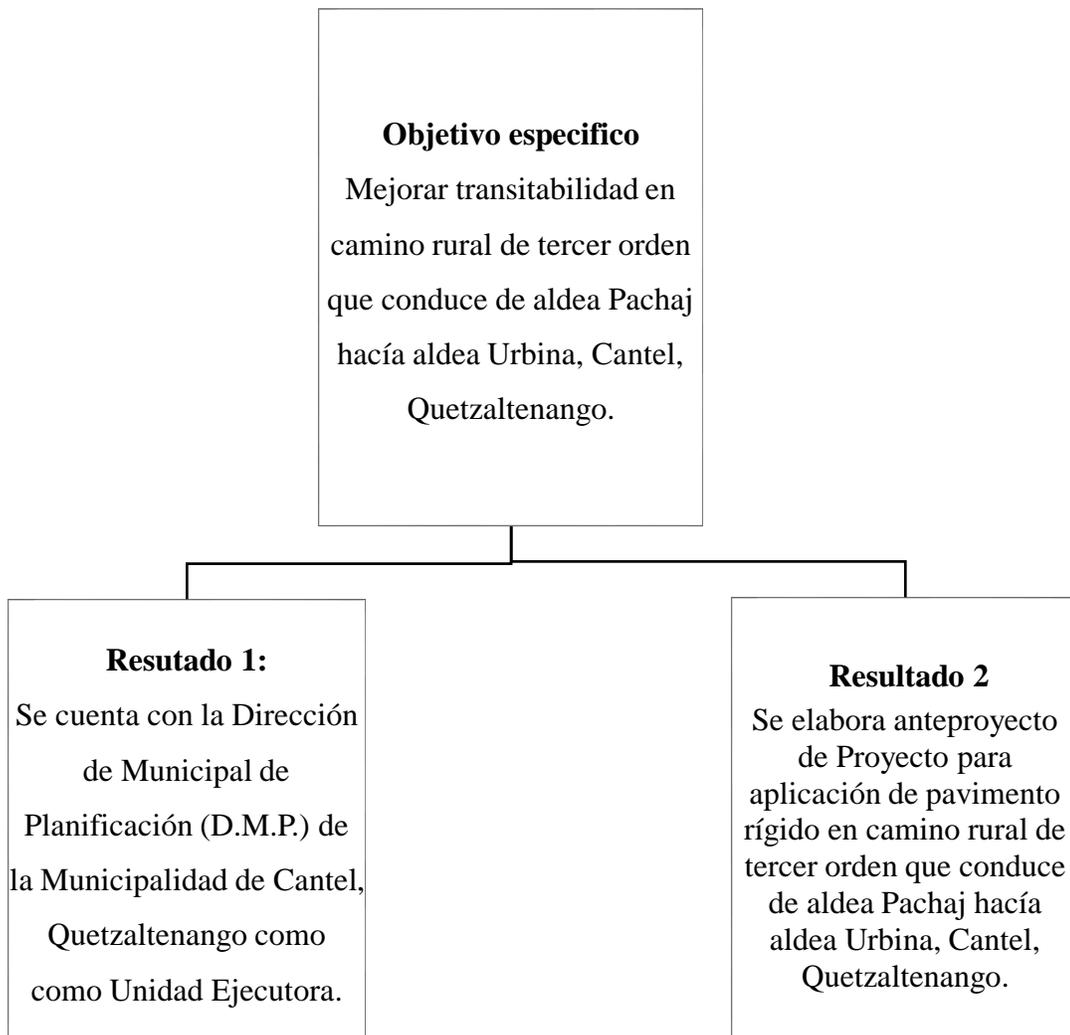
**Árbol de objetivos.**

En función de dar solución a la problemática planteada, se describen los siguientes objetivos.



### **Anexo 3. Diagrama del medio de solución de la problemática.**

Con la finalidad de proporcionar una solución para reducir la cantidad de accidentes e incidentes en camino rural de tercer orden que conduce de aldea Pachaj hacía aldea Urbina, Cantel, Quetzaltenango, se plantea la siguiente propuesta de solución a la problemática identificada:



**Anexo 4: Boleta de investigación para la comprobación del efecto general.**

Universidad Rural de Guatemala

Programa de Graduación

Boleta de Investigación

Variable Dependiente

**Objetivo:** Esta boleta de investigación tiene por objeto comprobar la variable dependiente siguiente: **“Incremento en la cantidad de incidentes y accidentes sobre camino rural de tercer orden que conduce de aldea Pachaj hacia aldea Urbina, Cantel, Quetzaltenango, durante los últimos 5 años.”**

Esta boleta censal está dirigida a personeros de las siguientes instituciones, Policía Nacional Civil (P.N.C.); Bomberos Voluntarios (96 Cía.); Dirigentes comunitarios de las aldeas involucradas, en Cantel, Quetzaltenango; con el 100% del nivel de confianza y el 0% de error, por el sistema de población finita cualitativa.

**Instrucciones:** Marcar con una “X” la respuesta que considere correcta.

1. ¿Considera usted que existe incremento en la cantidad de incidentes y accidentes sobre camino rural de tercer orden que conduce de aldea Pachaj hacia aldea Urbina?

**Sí** \_\_\_\_\_ **No** \_\_\_\_\_

2. ¿Desde hace cuánto tiempo existe incremento en la cantidad de incidentes y accidentes sobre camino rural de tercer orden que conduce de aldea Pachaj hacia aldea Urbina?

**2.1 0 - 5 años** \_\_\_\_\_

**2.2 5 - 10 años** \_\_\_\_\_

**2.3 Más de 10 años** \_\_\_\_\_

3. ¿En qué cantidad se ha reportado el incremento en la cantidad de incidentes y accidentes sobre camino rural de tercer orden del área de estudio?

**3.1. 1 - 25** \_\_\_\_\_

**3.2. 26 - 50** \_\_\_\_\_

**3.3. Más de 50** \_\_\_\_\_

4. ¿Se han percibido dificultades en el área de estudio derivadas del incremento en la cantidad de incidentes y accidentes sobre camino rural de tercer orden?

**Sí** \_\_\_\_\_ **No** \_\_\_\_\_

5. ¿Considera usted que el aumento en la cantidad de incidentes y accidentes sobre camino rural de tercer orden del área de estudio se debe al mal estado del camino?

**Sí** \_\_\_\_\_ **No** \_\_\_\_\_

Observaciones: \_\_\_\_\_

Lugar y fecha: \_\_\_\_\_

**Anexo 5: Boleta de investigación para la comprobación de la causa principal.**

Universidad Rural de Guatemala

Programa de Graduación

Boleta de Investigación

Variable Independiente

**Objetivo:** Esta boleta de investigación tiene por objeto comprobar la variable independiente siguiente: **“Inexistencia de proyecto para aplicación de pavimento rígido en camino rural de tercer orden que conduce de aldea Pachaj hacia aldea Urbina, Cantel, Quetzaltenango.”**

Esta boleta censal está dirigida a miembros y técnicos de las siguientes dependencias de la municipalidad de Cantel, Quetzaltenango: Concejo Municipal; Dirección de Municipal de Planificación (D.M.P.); con el 100% de nivel de confianza y el 0% de error por el sistema de población finita cualitativa.

**Instrucciones:** Marcar con una “X” la respuesta que considere correcta.

1. ¿Conoce si existe proyecto para aplicación de pavimento rígido en camino rural de tercer orden que conduce de aldea Pachaj hacia aldea Urbina?

Sí \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

2. ¿Considera usted que es necesario implementar el proyecto para aplicación de pavimento rígido en camino rural de tercer orden que conduce de aldea Pachaj hacia aldea Urbina?

Sí \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

3. ¿Qué acciones considera usted que se deben contemplar al momento de implementar el proyecto para aplicación de pavimento rígido en camino rural de tercer orden que conduce de aldea Pachaj hacia aldea Urbina?

**3.1 Mejorar el estado del camino** \_\_\_\_\_

**3.2 Campaña de educación vial** \_\_\_\_\_

**3.3 Mejorar la señalización vial** \_\_\_\_\_

4. ¿Cree usted que la inexistencia de proyecto para aplicación de pavimento rígido en camino rural de tercer orden de la zona afecta la calidad de vida de los habitantes?

Sí \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

5. ¿Tiene contemplado dentro de su planificación la implementación del proyecto para aplicación de pavimento rígido en camino rural de tercer orden del área de estudio?

Sí \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

Observaciones: \_\_\_\_\_

Lugar y fecha: \_\_\_\_\_

**Anexo 6. Anexo metodológico comentado sobre el cálculo del tamaño de la muestra.**

Para la población efecto; y causa, respectivamente, se trabajó la técnica del censo con el 100% del nivel de confianza y el 0% de error; lo anterior debido a que son poblaciones finitas cualitativas menores a 35 personas; de 15 personeros de las siguientes instituciones, Policía Nacional Civil (P.N.C.); Bomberos Voluntarios (96 Cia); Dirigentes comunitarios de las aldeas involucradas, en Cantel, Quetzaltenango para la comprobación de la variable efecto; y, 7 miembros y técnicos de las siguientes dependencias de la municipalidad de Cantel, Quetzaltenango: Concejo Municipal; Dirección de Municipal de Planificación (D.M.P.) para población causa.

### Anexo 7. Comentario sobre el cálculo del coeficiente de correlación.

Se realiza con la finalidad de determinar la correlación existente entre las variables intervinientes en la problemática descrita en el árbol de problemas y poder validarla; así como determinar si es posible la proyección de su comportamiento mediante el cálculo de la ecuación de la línea recta.

Las variables intervinientes están en función de: “X” la cantidad de tiempo contemplado en los últimos 5 años (de 2017 a 2021); mientras que “Y” en función del efecto identificado en el árbol de problemas, el cual obedece a la cantidad de incidentes y accidentes viales en camino rural de tercer orden de la zona de estudio.

Requisito.  $\pm > 0.80$  y  $\pm < 1$

Año	X (años)	Y (Cantidad de percances)	XY	X <sup>2</sup>	Y <sup>2</sup>
2017	1	3	3.00	1	9.00
2018	2	2	4.00	4	4.00
2019	3	5	15.00	9	25.00
2020	4	6	24.00	16	36.00
2021	5	9	45.00	25	81.00
Totales	15	25	91.00	55	155.00

n=	5
$\sum X=$	15
$\sum XY=$	91
$\sum X^2=$	55
$\sum Y^2=$	155.00
$\sum Y=$	25
$n\sum XY=$	455
$\sum X*\sum Y=$	375
Numerador=	80

$n\sum X^2=$	275
$(\sum X)^2=$	225
$n\sum Y^2=$	775.00
$(\sum Y)^2=$	625.00
$n\sum X^2-(\sum X)^2=$	50
$n\sum Y^2-(\sum Y)^2=$	150
$(n\sum X^2-(\sum X)^2)*(n\sum Y^2-(\sum Y)^2)$	7500.00
Denominador:	86.60254038
<b>r=</b>	<b>0.923760431</b>

**Fórmula:**

$$r = \frac{n\sum XY - \sum X * \sum Y}{\sqrt{(n\sum X^2 - (\sum X)^2) * (n\sum Y^2 - (\sum Y)^2)}}$$

**Análisis:**

Debido a que el coeficiente de correlación  $r = 0.924$  se encuentra dentro del rango establecido, se indica que las variables están debidamente correlacionadas, se valida la problemática y se procede a la proyección mediante la línea recta.

**Anexo 8. Proyección del comportamiento de la problemática mediante la línea recta.**

$$y = a + bx$$

Año	X (años)	Y (Cantidad de percances)	XY	X <sup>2</sup>	Y <sup>2</sup>
2017	1	3	3.00	1	9.00
2018	2	2	4.00	4	4.00
2019	3	5	15.00	9	25.00
2020	4	6	24.00	16	36.00
2021	5	9	45.00	25	81.00
Totales	15	25	91.00	55	155.00

n=	5
$\sum X =$	15
$\sum XY =$	91
$\sum X^2 =$	55
$\sum Y^2 =$	155.00
$\sum Y =$	25
$n \sum XY =$	455
$\sum X * \sum Y =$	375
Numerador de b:	80
Denominador de b:	
$n \sum X^2 =$	275
$(\sum X)^2 =$	225
$n \sum X^2 - (\sum X)^2 =$	50
b=	1.6
Numerador de a:	
$\sum Y =$	25
$b * \sum X =$	24
Numerador de a:	1
a=	0.2

**Fórmulas:**

$$b = \frac{n \sum XY - \sum X * \sum Y}{n \sum X^2 - (\sum X)^2}$$

$$a = \frac{\sum y - b \sum x}{n}$$

**Cálculo de proyección anual sin propuesta de solución.**

Ecuación de la línea recta $Y = a + (b * x)$				
Y(2022)=	a	+	(b	* X)
Y(2022)=	0.2	+	1.6	X
Y(2022)=	0.2	+	1.6	6
Y(2022)=	9.3			
<b>Y(2022)=</b>	<b>9 percances</b>			

Ecuación de la línea recta $Y = a + (b * x)$				
Y(2023)=	a	+	(b	* X)
Y(2023)=	0.2	+	1.6	X
Y(2023)=	0.2	+	1.6	7
Y(2023)=	11.4			
<b>Y(2023)=</b>	<b>11 percances</b>			

Ecuación de la línea recta $Y = a + (b * x)$				
Y(2024)=	a	+	(b	* X)
Y(2024)=	0.2	+	1.6	X
Y(2024)=	0.2	+	1.6	8
Y(2024)=	13			
<b>Y(2024)=</b>	<b>13 percances</b>			

Ecuación de la línea recta $Y = a + (b * x)$				
Y(2025)=	a	+	(b	* X)
Y(2025)=	0.2	+	1.6	X
Y(2025)=	0.2	+	1.6	9
Y(2025)=	14.6			
<b>Y(2025)=</b>	<b>15 percances</b>			

Ecuación de la línea recta $Y = a + (b * x)$				
Y(2026)=	a	+	(b	* X)
Y(2026)=	0.2	+	1.6	X
Y(2026)=	0.2	+	1.6	10
Y(2026)=	16.7			
<b>Y(2026)=</b>	<b>17 percances</b>			

### Proyección con proyecto.

Esto se realiza para identificar el comportamiento de la problemática si se ejecutara la presente propuesta.

### Fórmula:

**Y(2022)** = Año anterior – Porcentaje de resolución propuesto.

### Cálculos por año.

Y (2022)	=	Y(2021)	–	11%	=
Y (2022)	=	9	–	0.99	8.01
<b>Y (2022)</b>	=	<b>8 percances</b>			

Y (2023)	=	Y(2022)	–	14%	=
Y (2023)	=	8	–	1.12	6.88
<b>Y (2023)</b>	=	<b>7 percances</b>			

Y (2024)	=	Y (2023)	–	17%	=
Y (2024)	=	7	–	1.19	5.81
<b>Y (2024)</b>	=	<b>6 percances</b>			

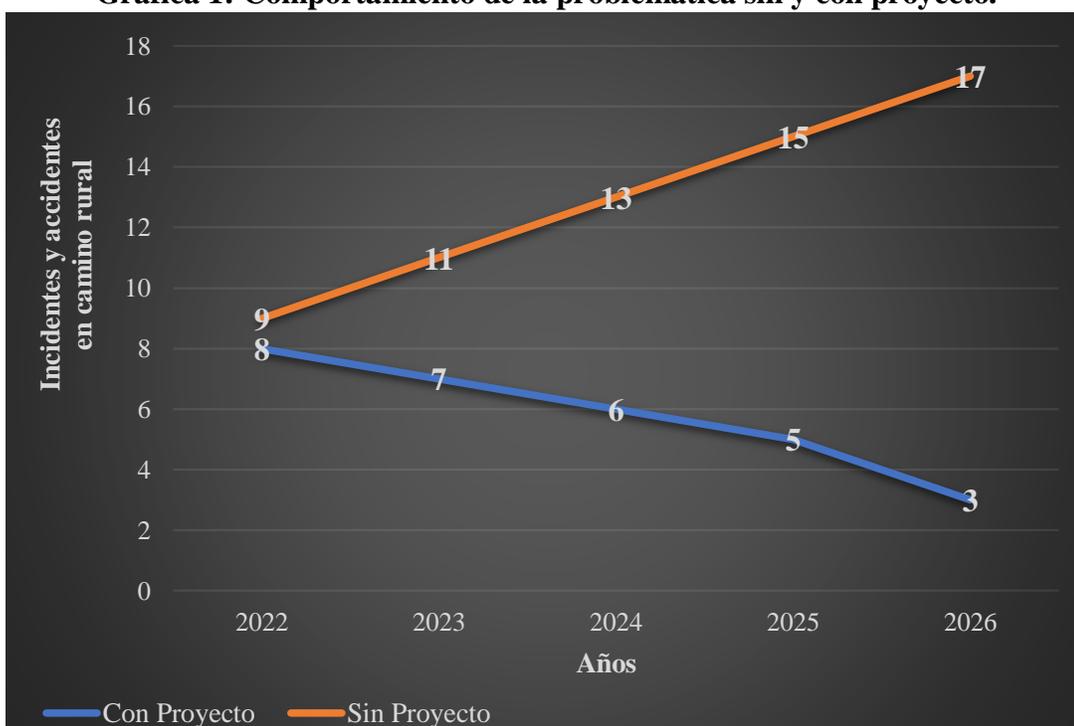
Y (2025)	=	Y (2024)	–	24%	=
Y (2025)	=	6	–	1.44	4.56
<b>Y (2025)</b>	=	<b>5 percances</b>			

Y (2026)	=	Y (2025)	–	34%	=
Y (2026)	=	5	–	1.70	3.30
<b>Y (2026)</b>	=	<b>3 percances</b>			

**Cuadro 1: Comportamiento de la problemática sin y con proyecto.**

Año	Proyección sin proyecto	Proyección con proyecto
2022	9 percances	8 percances
2023	11 percances	7 percances
2024	13 percances	6 percances
2025	15 percances	5 percances
2026	17 percances	3 percances

**Gráfica 1: Comportamiento de la problemática sin y con proyecto.**



**Análisis:**

Como se puede notar en la información anterior, la problemática crece a medida que pasa el tiempo; de no ejecutarse la presente propuesta, la situación del efecto identificado seguirá en condiciones negativas, por lo que se hace evidente la necesidad de la pronta implementación del proyecto para aplicación de pavimento rígido en camino rural de tercer orden que conduce de aldea Pachaj hacia aldea Urbina, para solucionar a la brevedad posible la problemática identificada.

Edgar Augusto Hernández Rodas.

**TOMO II**

PROYECTO PARA APLICACIÓN DE PAVIMENTO RÍGIDO EN CAMINO  
RURAL DE TERCER ORDEN QUE CONDUCE DE ALDEA PACHAJ HACÍA  
ALDEA URBINA, CANTEL, QUETZALTENANGO.



Asesor General Metodológico:

Ingeniero Agrónomo Carlos Alberto Pérez Estrada.

Universidad Rural de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Guatemala, noviembre 2022.

Esta tesis fue presentada por el autor,  
previo a obtener el título universitario de  
Licenciado en Ingeniería Civil con énfasis  
en Construcciones Rurales.

## **Prólogo.**

Como parte del programa de graduación y en cumplimiento con lo establecido por la Universidad Rural de Guatemala, se plantea el “Proyecto para aplicación de pavimento rígido en camino rural de tercer orden que conduce de aldea Pachaj hacia aldea Urbina, Cantel, Quetzaltenango”.

El informe contiene los resultados de la investigación realizada previo a optar al título de Ingeniería Civil con Énfasis en Construcciones Rurales en el grado académico de Licenciatura de la Facultad de Ingeniería, de acuerdo con los lineamientos técnicos de la Universidad Rural de Guatemala.

El presente informe es resultado del trabajo de investigación sobre la necesidad de construir un camino de pavimento rígido para que vehículos y personas puedan transitar por la vía de forma segura.

El interés en realizar una investigación sobre este tema es contribuir para la disminución de percances viales en el área de estudio, ya que año tras año estos van en aumento y comprometen la seguridad de los habitantes, por lo cual es absolutamente necesario que se ejecute un proyecto constructivo que mejore el camino que comunica a las comunidades de estudio.

### **Presentación.**

La investigación se enfoca en el tópico sobre a difícil transitabilidad de camino rural de tercer orden que conduce de aldea Pachaj hacía aldea Urbina, Cantel, Quetzaltenango, este estudio tiene como finalidad determinar el incremento de incidentes y accidentes viales presentado desde hace cinco años, lo cual amerita realizar una investigación para que los profesionales tengan una solución.

El objetivo de la investigación es concretar una propuesta de solución factible para ejecutar un proyecto constructivo que mejore las condiciones del camino que conecta a las comunidades de estudio.

Como medio para solucionar la problemática se propone ejecutar el proyecto para aplicación de pavimento rígido, esta propuesta está dirigida a los profesionales de obras públicas del municipio.

La investigación realizada es el punto de partida, puesto que permite la detección y diagnóstico del problema basado en metodología y técnicas de estudio, lo cual sugiere la veracidad de dicho problema y que su resolución no es un esfuerzo absurdo.

## Índice general

<b>No.</b>	<b>Contenido</b>	<b>Página</b>
	Prólogo	
	Presentación	
	I. RESUMEN.....	1
	II. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	11
	ANEXOS.	

## **I. RESUMEN.**

El presente informe investigativo y titulado de ingeniería civil en el grado académico de licenciatura, se elaboró para dar solución a la problemática identificada en camino rural de tercer orden que conduce de aldea Pachaj hacía aldea Urbina, Cantel, Quetzaltenango, sobre la difícil transitabilidad en tramo vial, por lo que fue preciso realizar el estudio del problema, su causa y efectos, con la finalidad de proponer la implementación de un proyecto de pavimentación rígida para mejorar las condiciones de esta vía en general.

### **Planteamiento del problema.**

El presente informe sobre infraestructura vial, tiene origen en el incremento de incidentes y accidentes viales en camino rural de tercer orden que conduce de aldea Pachaj hacía aldea Urbina, Cantel, Quetzaltenango, por difícil transitabilidad, producto de no contar con un proyecto para aplicación de pavimento rígido; esta problemática se ha percibido en los últimos cinco años y ha perjudicado el tránsito tanto a los usuarios regulares como a los no habituales del camino.

El incremento en la cantidad de incidentes y accidentes sobre este camino rural, se refiere a que cada vez son más habituales los percances viales, tales como colisiones vehiculares, caídas en motocicletas, empotramiento, atascamiento y deslizamiento de vehículos, así como el atropellamiento de peatones y en algunos casos animales domésticos; lo que significa un tramo vial más inseguro para los usuarios, por ende, el tránsito normal de la zona se ha visto perjudicado lo cual interfiere con la actividad comercial de las localidades que dependen de esta vía.

Este efecto se ha percibido por la difícil transitabilidad en camino rural del área, ya que en la actualidad se cuenta con un tramo de terracería sin un plan de mantenimiento preventivo, por lo que es común el apareamiento de baches, hundimientos, derrumbes

y zanjas por escorrentía pluvial que se agravan durante en la época de lluvias, además de que durante la época seca la cantidad de polvo es un obstáculo de los usuarios.

Toda esta situación se presenta como consecuencia de no contar con proyecto para aplicación de pavimento rígido, con el que se mejore la infraestructura vial del tramo vial y se facilite la transitabilidad de esta.

Al proponer que se implemente esta propuesta, se pretende que las autoridades pertinentes cuenten con una solución inmediata al problema encontrado y se logre contar con un camino rural en óptimas condiciones.

### **Hipótesis.**

Se pudo establecer la hipótesis del problema como parte del trabajo de investigación en camino rural de tercer orden que conduce de aldea Pachaj hacía aldea Urbina.

**Hipótesis causal.** “El incremento en la cantidad de incidentes y accidentes sobre camino rural de tercer orden que conduce de aldea Pachaj hacía aldea Urbina, Cantel, Quetzaltenango, durante los últimos 5 años, por difícil transitabilidad, se debe a la inexistencia de proyecto para aplicación de pavimento rígido”.

**Hipótesis interrogativa.** ¿Será la inexistencia de proyecto para aplicación de pavimento rígido la causante del incremento en la cantidad de incidentes y accidentes sobre camino rural de tercer orden que conduce de aldea Pachaj hacía aldea Urbina, Cantel, Quetzaltenango, durante los últimos 5 años, por difícil transitabilidad?

### **Objetivos.**

El desarrollo de la investigación conllevó el planteamiento de los objetivos: general y específico, los cuales conforme la investigación avance deben alcanzarse para comprobar la veracidad de la hipótesis y la forma de solucionar la problemática.

**General.**

Disminuir cantidad de incidentes y accidentes sobre camino rural de tercer orden que conduce de aldea Pachaj hacía aldea Urbina, Cantel, Quetzaltenango.

**Específico.**

Mejorar transitabilidad en camino rural de tercer orden que conduce de aldea Pachaj hacía aldea Urbina, Cantel, Quetzaltenango.

**Justificación.**

En la actualidad, en camino rural de tercer orden que conduce de aldea Pachaj hacía aldea Urbina, Cantel, Quetzaltenango, se reportaron un total de 9 accidentes e incidentes viales, esta es una cantidad mayor de percances de la reportada hace cinco años, solo se presentaron 3 percances, esto repercute en la seguridad de los habitantes del área, puesto que transitar por el área en cualquier tipo de vehículo se ha vuelto una actividad riesgosa pero de absoluta necesidad para abastecerse y trabajar.

Con base a los datos de los últimos cinco años, se deduce que los incidentes y accidentes viales incrementan en un 4.8% al año, esto por la difícil transitabilidad del tramo vial del área, consecuencia de faltar un proyecto para aplicación de pavimento rígido.

Esta situación tenderá al incremento de los incidentes y accidentes viales en este camino rural en los siguientes cinco años de no tomar medidas necesarias para contrarrestar la problemática, las proyecciones indican que la cantidad de percances reportados para el año 2026 serán 17.

Por lo cual es sumamente importante ejecutar como solución del problema una propuesta para la construcción de una carretera de tipo pavimento rígido con la que se ofrecerá mayor seguridad a los pilotos, tripulantes y transeúntes mientras transitan

por el camino. Con este proyecto no solo se pretende salvar vidas sino también preservar el patrimonio de los usuarios al reducirse daños materiales, esto a su vez promovería el desarrollo social y económico de la comunidad.

Resulta indispensable para el bienestar generalizado de las familias la ejecución de esta propuesta de pavimentación rígida del camino de la zona de estudio, y así reducir la cantidad de accidentes en un 20% anual, lo que implica un total de 3 percances para el año 2026.

### **Metodología.**

Los métodos y técnicas empleadas para la elaboración del presente trabajo de graduación, se expone a continuación:

### **Métodos.**

Los métodos utilizados variaron en relación con la formulación de la hipótesis y la comprobación de la misma; así: Para la formulación de la hipótesis, el método utilizado fue esencial el método deductivo, el que fue auxiliado por el método del marco lógico para formular la hipótesis y los objetivos de la investigación, diagramados en los árboles de problemas y objetivos, que forman parte del anexo de este documento.

Para la comprobación de la hipótesis, el método utilizado fue el inductivo, que contó con el auxilio de los métodos: estadístico, análisis y síntesis.

La forma del empleo de los métodos citados se expone a continuación:

**Métodos y técnicas utilizadas para la formulación de la hipótesis.** Para la formulación de la hipótesis se utilizó el método deductivo como medio principal de investigación, el cual permitió conocer aspectos generales y específicos en camino

rural de tercer orden que conduce de aldea Pachaj hacía aldea Urbina, Cantel, Quetzaltenango. Las técnicas utilizadas fueron:

a) Observación directa. Esta se realizó directamente sobre el camino del área de estudio, a cuyo efecto se observó las malas condiciones del tramo vial, confirmándose así el riesgo constante que supone el paso de vehículos y motocicletas, así como el de los peatones; se examinó también sobre las principales causas del problema, por último, las acciones implementadas por las autoridades municipales y comunitarias para dar solución al problema.

b) Investigación documental. Esta técnica se utilizó a efectos de determinar si se poseían documentos similares o relacionados con la problemática a investigar, a fin de no duplicar esfuerzos en cuanto al trabajo académico que se desarrolló; así como, para obtener aportes y otros puntos de vista de otros investigadores sobre la temática citada. Los documentos consultados se especifican en el acápite de bibliografía, que fueron obtenidos a través de las fichas bibliográficas utilizadas en el transcurso de la revisión documental.

c) Entrevista. Una vez formada una idea general de la problemática, se procedió a entrevistar a los profesionales de las instituciones de supervisión de tramos viales, así como los profesionales de la municipalidad, a efectos de poseer información más precisa sobre la problemática identificada.

Con la situación más clara sobre la problemática de difícil transitabilidad en camino rural de tercer orden y con la utilización del método deductivo, a través de las técnicas anteriormente descritas, se procedió a la formulación de la hipótesis, a cuyo efecto se utilizó el método del marco lógico, que permitió encontrar la variable dependiente e independiente de la hipótesis, además de definir el área de trabajo y el tiempo que se determinó para desarrollar la investigación.

La hipótesis formulada de la forma indicada dice: “el incremento en la cantidad de incidentes y accidentes sobre camino rural de tercer orden que conduce de aldea Pachaj hacía aldea Urbina, Cantel, Quetzaltenango, durante los últimos 5 años, por difícil transitabilidad, se debe a la inexistencia de proyecto para aplicación de pavimento rígido”.

El método del marco lógico permitió también, entre otros aspectos, encontrar el objetivo general y el específico de la investigación; asimismo facilitó establecer la denominación del trabajo.

**Métodos y técnicas empleadas para la comprobación de la hipótesis.** Para la comprobación de la hipótesis, el método principal utilizado, fue el método inductivo, con el que se pudo obtener resultados específicos o particulares de la problemática identificada; lo cual sirvió para diseñar conclusiones y premisas generales, a partir de tales resultados específicos o particulares.

A este efecto, se utilizaron las técnicas que se especifican a continuación:

a) Encuestas. Previo a desarrollar la entrevista, se procedió al diseño de boletas de investigación, con el propósito de comprobar las variables dependiente e independiente de la hipótesis previamente formulada. Las boletas, previo a ser aplicadas a población objetivo, sufrieron un proceso de prueba, con la finalidad, de hacer más efectivas las preguntas y propiciar que las respuestas proporcionaran la información requerida después de ser aplicada.

b) Determinación de la población a investigar. En atención a este tema, se decidió efectuar la técnica del censo estadístico para evaluar tanto la población efecto (variable Y), como la población causa (variable X); se hizo uso de esta técnica, puesto que las poblaciones identificadas se componían únicamente de 15 y 7 elementos

respectivamente, con lo que se establece que el nivel de confianza para la comprobación de los dos casos será del 100% y el margen de error de 0%.

Después de recabar la información contenida en las boletas, se procedió a tabularlas; para cuyo efecto se utilizó el método estadístico y el método de análisis, que consistió en la interpretación de los datos tabulados en valores absolutos y relativos, obtenidos después de la aplicación de las boletas de investigación, que tuvieron como objeto la comprobación de la hipótesis previamente formulada.

Una vez interpretada la información, se utilizó el método de síntesis, a efecto de obtener las conclusiones y recomendaciones del presente trabajo de investigación, el que sirvió además para hacer congruente la totalidad de la investigación, con los resultados obtenidos producto de la investigación de campo.

### **Técnicas.**

Las técnicas empleadas, tanto en la formulación como en la comprobación de la hipótesis, se expusieron anteriormente; pero éstas variaron de acuerdo con la etapa de la formulación de la hipótesis y a la comprobación de esta; así:

Como se describió en el apartado (1.5.1 Métodos), las técnicas empleadas en la formulación fueron: La observación directa, la investigación documental y las fichas bibliográficas; así como la entrevista a las personas relacionadas directamente con la problemática.

Por otro lado, la comprobación de la hipótesis, se utilizó la encuesta y el censo.

Como se puede advertir fácilmente, la encuesta estuvo presente en la etapa de la formulación de la hipótesis y en la etapa de la comprobación de esta. La investigación

documental, estuvo presente además de las dos etapas indicadas, en toda la investigación documental y especialmente, para conformar el marco teórico.

### **Síntesis de resultados**

**Resultado 1: Se cuenta con la Dirección Municipal de Planificación (D.M.P.) de la Municipalidad de Cantel, Quetzaltenango como como Unidad Ejecutora.**

**Actividad 1: Espacio físico: Procedimiento**

**Actividad 2: Material y equipo: Procedimiento**

**Actividad 3: Personal técnico: Procedimiento**

**Actividad 4: Recursos financieros: Procedimiento.**

**Resultado 2: Se elabora anteproyecto para aplicación de pavimento rígido en camino rural de tercer orden que conduce de aldea Pachaj hacia aldea Urbina, Cantel, Quetzaltenango.**

### **Actividad 1: Permisos legales:**

Acción 1: Estudio de Impacto Ambiental (EIA): Procedimiento.

Acción 2: Licencia Municipal: Procedimiento.

Acción 3: Notificación al Consejo Comunitario de Desarrollo Urbano y Rural (COCODE): Procedimiento.

Acción 4: Licencia a Dirección General de Caminos: Procedimiento.

### **Actividad 2: Estudios técnicos básicos:**

Acción 1: Estudio de suelos: Procedimiento.

Acción 2: Estudio de transitabilidad vehicular: Procedimiento.

Acción 3: Estudio de topografía: Procedimiento

### **Actividad 3: Diseños específicos.**

Acción 1: Diseño geométrico: Procedimientos

Acción 2: Diseño de espesor de pavimento y peraltes: Procedimiento

Acción 3: Diseño de bordillos: Procedimiento.

**Actividad 4: Trabajos de gabinetes.**

Acción 1: Cálculos de materiales: Procedimientos

Acción 2: Planificación de trabajos: Procedimientos

**Actividad 5: Replanteo.**

Acción 1: Limpieza. Procedimientos.

Acción 2: Mediciones: Procedimiento.

Acción. 3: Nivelaciones: Procedimiento.

**Actividad 6: Preliminares.**

Acción 1: Aplicación de subrasante: Procedimiento.

Acción 2: Aplicación de sub base: Procedimiento.

Acción 3: Aplicación de base: Procedimiento.

Acción 4: Afinamiento y compactación: Procedimiento.

Acción 5: Sello e imprimación: Procedimiento.

**Actividad 7: Aplicación de pavimento:**

Acción 1: Preparación y dosificación de materiales: Procedimiento.

Acción 2: Colocación de Pavimento: Procedimiento.

Accion3: Bordillos: Procedimiento.

Acción 4: Juntas de inducción a fisuras: Procedimiento.

Acción 5: Fraguado de pavimento: Procedimiento.

Acción 6: Limpieza final: Procedimiento.

### **Actividad 8: Obras complementarias.**

Acción 1: Señalización: Procedimiento.

Acción 2: Rotulación: Procedimiento.

Acción 3: Protecciones viales. Procedimiento.

La principal conclusión es la que comprueba la hipótesis planteada: “el incremento en la cantidad de incidentes y accidentes sobre camino rural de tercer orden que conduce de aldea Pachaj hacia aldea Urbina, Cantel, Quetzaltenango, durante los últimos 5 años, por difícil transitabilidad, se debe a la inexistencia de proyecto para aplicación de pavimento rígido”, con el 100% de nivel de confianza y 0% de error tanto para la variable efecto como la variable causa.

La principal recomendación es ejecutar el proyecto para aplicación de pavimento rígido en camino rural de tercer orden que conduce de aldea Pachaj hacia aldea Urbina, Cantel, Quetzaltenango.

Se indica que en el anexo 1, se esboza la propuesta de solución de la problemática investigada y que además en el anexo 2, se incluye la Matriz de la Estructura Lógica para evaluar el trabajo después de desarrollada la propuesta.

## **II. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

Se comprueba la hipótesis “el incremento en la cantidad de incidentes y accidentes sobre camino rural de tercer orden que conduce de aldea Pachaj hacia aldea Urbina, Cantel, Quetzaltenango, durante los últimos 5 años, por difícil transitabilidad, se debe a la inexistencia de proyecto para aplicación de pavimento rígido” con el 100% de confianza y 0% de error tanto para la variable efecto como para la variable causa.

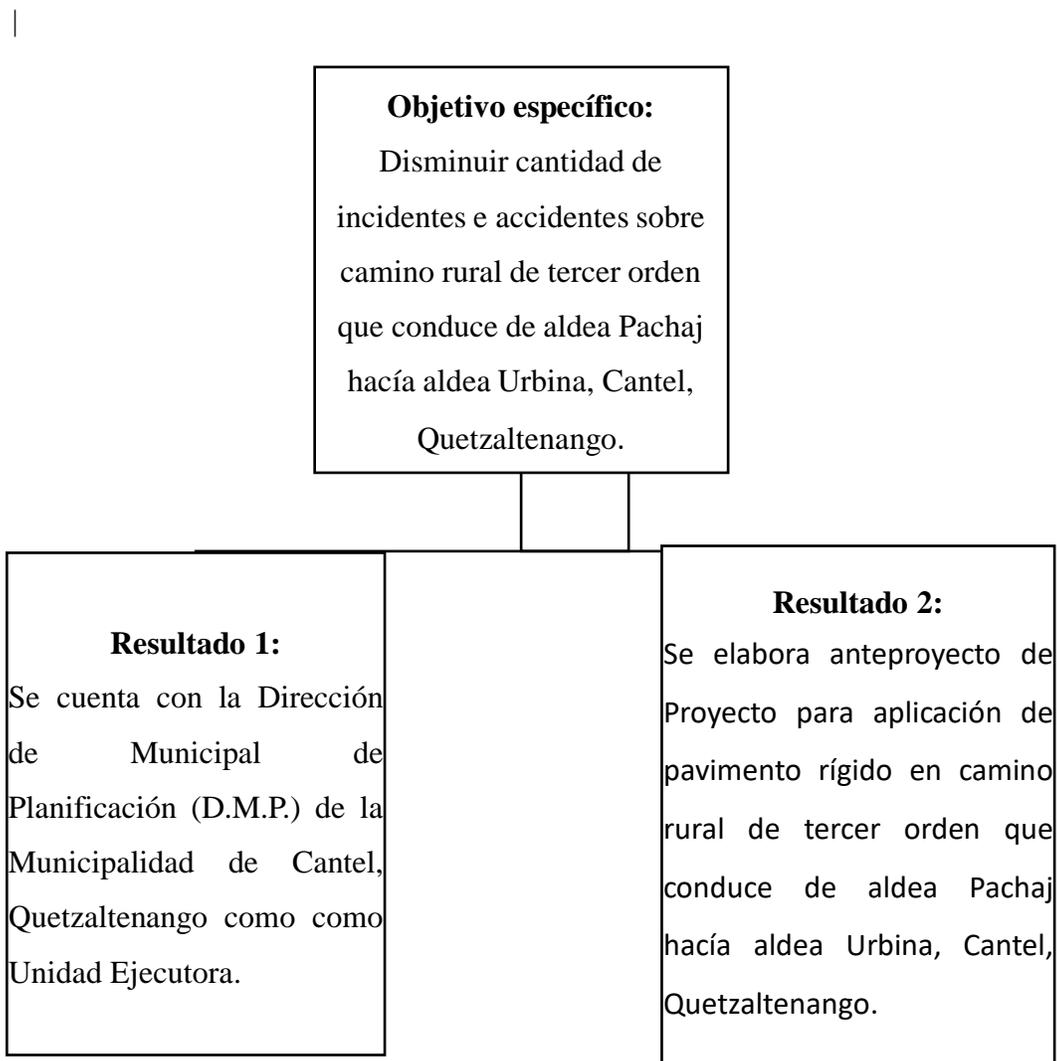
Por lo anterior se recomienda operativizar la solución de la problemática mediante la ejecución del proyecto para aplicación de pavimento rígido en camino rural de tercer orden que conduce de aldea Pachaj hacia aldea Urbina.

## ANEXOS

### Anexo 1: Propuesta para solucionar la problemática.

La Unidad Ejecutora (Dirección Municipal de Planificación (DMP) de la Municipalidad de Cantel, Quetzaltenango). Es la encargada de la elaboración de anteproyecto, para la aplicación de pavimento rígido en camino rural de tercer orden que conduce de aldea Pachaj hacía aldea Urbina, Cantel, Quetzaltenango. Con el objetivo de disminuir incidentes y accidentes del área de estudio.

Se presenta a continuación, el diagrama de medios de solución:



**Resultado 1: Se cuenta con la Dirección Municipal de Planificación (D.M.P.) de la Municipalidad de Cantel, Quetzaltenango como Unidad Ejecutora.**

**Actividad 1: Espacio físico.**

Es necesario contar con una oficina de 20 metros cuadrados, la cual estará ubicada dentro de la Municipalidad, para poder instalar ampliamente al personal asignado.

**Actividad 2: Material y equipo.**

4 escritorios tradicionales para oficina color blanco de 1.5 metros.

6 sillas para oficina con ruedas, con ajuste de altura cilindro de gas de color negro.

2 archiveros con 4 gavetas de 0.40 X 0.50 mts., con llave, de color negro.

4 computadoras de escritorio HP All-in-one 20-C205LA (X6A18AA) con las características siguientes: memoria RAM 32GB, disco duro de 1TB de estado sólido, Windows 10, office 2020 y Autocad (civilcad).

1 estantería de madera de 2 x 2 metros con 0.35 mts., de ancho y 8 divisiones.

**Actividad 3: Personal técnico.**

Un gerente con el perfil siguiente: que sea Ingeniero Civil, quien estará a cargo de la unidad ejecutora,

Un digitador con perfil de dibujante.

Un auxiliar de ingeniería.

Una secretaria con perfil de oficinista.

**Actividad 4: Recursos financieros.**

La Municipalidad de Cantel, Quetzaltenango proporcionará, los recursos necesarios para el funcionamiento de la unidad ejecutora.

**Resultado 2: Se elabora anteproyecto para aplicación de pavimento rígido en camino rural de tercer orden que conduce de aldea Pachaj hacia aldea Urbina, Cantel, Quetzaltenango.**

**Actividad 1: Permisos legales: Procedimiento.**

Acción 1: Estudio de Impacto Ambiental (EIA).

Se deberá contratar con Regente Ambiental para que elabore el (EIA), el cual deberá acudir a la oficina de permisos Ambientales del Ministerio de Ambiente de Recursos Naturales para que pueda hacer aprobado y ejecutar el proyecto.

Acción 2: Licencia Municipal.

Se deberá acudir a la oficina de la Dirección Municipal de Planificación (DMP), para solicitar el permiso municipal establecido en la ley y así proceder con la realización del proyecto.

Acción 3: Notificación al Consejo Comunitario de Desarrollo Urbano y Rural (COCODE).

Se deberá reunir con directivos del COCODE del casco urbano Cantel, Quetzaltenango, para notificarles sobre la elaboración del proyecto.

Acción 4: Licencia a Dirección General de Caminos.

Acudir a la oficina de la Dirección General de Caminos para solicitar el permiso correspondiente para la realización del proyecto.

## **Actividad 2: Estudios técnicos básicos:**

### Acción 1: Estudio de suelos:

Se realizará un estudio de suelos, a través de la toma de una muestra de suelo de 75 libras, a una profundidad de 1.50 mts., se realizará la limpieza del área a trabajar. Se obtendrán las muestras a cada 500 mts. de distancia una de la otra, para poder realizar los ensayos de (Proctor) y de (CBR) según norma AASHTO, para determinar el contenido de humedad óptimo y poder alcanzar la máxima densidad del suelo.

Se realizará el ensayo de valor soporte del suelo, para poder obtener la resistencia al esfuerzo cortante del suelo y así poder evaluar la calidad del terreno de la subrasante y con los resultados obtenidos del ensayo del suelo, se determinarán los espesores de, subbase y base del pavimento a utilizar en el proyecto.

Acción 2: Estudio de transitabilidad vehicular: se deberá contar con un aforista, para conocer la cantidad y el tipo de vehículos, con el propósito de obtener el tráfico promedio diario anual (TPDA) que es, el resultado de la contabilización de datos, con esta información se hace una proyección la cual se traslada a la cantidad de años del proyecto que transitan. Este estudio es de gran importancia en el proceso del diseño de espesor de pavimento.

Acción 3: Estudio de topografía: se realizará el estudio topográfico con la finalidad de dar a conocer la planimetría y altimetría del proyecto con equipo topográfico de alta precisión, para el trazo de curvas horizontales y verticales como también, el eje central de proyecto y la distancia total.

### **Actividad 3: Diseños específicos.**

#### Acción 1: Diseño geométrico:

Se realizará el diseño geométrico del proyecto, con los resultados del estudio topográfico. Con esta información se realiza el eje central del proyecto, el diseño de curvas horizontales, curvas verticales, perfiles, curvas a nivel, auxiliados por el programa Civil cad, que indica las partes de las curvas, como: radios, cuerdas medias, sobre anchos, puntos de inicio, puntos de salida, curvas verticales (elevación, tipo de curva y punto de inicio punto final). Como también el perfil del proyecto (alturas del proyecto en retícula indicada), información primordial para realizar los planos del proyecto.

#### Acción 2: Diseño de espesor de pavimento y peraltes:

Se diseñará el espesor de loza de concreto con el método simplificado de concreto. Este cálculo dimensionará el espesor de lozas basado en lo siguiente:

La categoría de vía.

Tipo de junta a utilizar.

Incluir hombros y bordillos.

Su módulo de ruptura.

El módulo de reacción K.

Determinar el volumen de tránsito.

Determinar el espesor de la loza.

### Acción 3: Diseño de bordillos:

Se diseñarán bordillos, los cuales están situados paralelamente a los costados de la pista con la funcionalidad de conducir las escorrentías resultado de la precipitación de la época de invierno, dichos bordillos se construirán con un concreto de 3500 PSI fundido *In Situ*, se utilizarán cerchas de madera fundida en tramos de 1.5 alternadamente.

### **Actividad 4: Trabajos de gabinetes.**

Acción 1: Cálculos de materiales: se realizará, cálculo de materiales con una proporción 1:2:2, tales como el cemento, agregados gruesos, agregados finos y agua, para obtener una resistencia de 3500 PSI, anti sol, costaneras, hierros y alambre.

Acción 2: Planificación de trabajos: se realiza un cronograma en el cual se programan los avances semanales, como mensuales según los propuesto en las estimaciones mensuales expuestas en el anexo 3.

### **Actividad 5: Replanteo.**

Acción 1: Limpieza: se procederá a realizar limpieza de materiales orgánicos e inorgánicos, antes de iniciar los trabajos de movimiento de tierra conocidos como terracería, esto se hace con el objetivo de mover objetos que obstaculicen y contaminen el tramo correspondiente del proyecto a ejecutar. Si hubiese la necesidad de talar árboles se hará del conocimiento a las autoridades correspondiente y realizar el trámite legal respectivo.

Acción 2: Mediciones: se replantearán las medidas del proyecto ya con las curvas diseñadas y sobre anchos requeridos y movimientos de subrasante.

Acción. 3: Nivelaciones: se nivelará el terreno por medio de una nivelación topográfica, se usará el equipo de alta precisión para poder encontrar niveles donde requiera posibles cortes o rellenos.

#### **Actividad 6: Preliminares.**

Acción 1: Aplicación de subrasante: se trabajará la subrasante que es el suelo base o suelo natural que soportará la estructura del pavimento, este trabajo consta en escarificar con una motoniveladora a profundidad de 20 centímetros, para desechar las rocas de mayor tamaño, así como fijarse cortes y rellenos donde sea necesario en el proyecto. Es necesario contar con un técnico en suelos, para que realice los estudios correspondientes según las normas AASHTO (89, T90, T193, T217, T180,191 de compactado de la subrasante con un rodo tandeen y auxiliado con agua y así encontrar su mejor comportamiento en su estructura de soporte.

Acción 2: Aplicación de sub base: se colocará, una capa de subbase (agregados finos y gruesos gradualmente por medio de un estudio de granulometría), el espesor será de 15 centímetros, esta va sobre la subrasante con el fin de transmitir y distribuir con uniformidad el efecto de las cargas de tránsito, provenientes de las capas superiores y así mejorar la resistencia, de tal manera que la subrasante las pueda soportar, este proceso será avalado por control de calidad según norma, AASHTO T89, T96, T11,27, T90, T193, T217, T180,191T,176, T256, luego se procederá a compactar subbase con un rodo tandeen auxiliado con agua, (se recomienda un técnico en pruebas proctor para realizar las pruebas respectivas) .

Acción 3: Aplicación de base: se colocará una capa de base (mezcla de agregados finos y gruesos) por medio de una granulometría, de espesor de 15 centímetros, se colocará sobre la capa de subbase, con el fin de transmitir y distribuir con uniformidad el efecto de las cargas de tránsito provenientes de la carpeta de concreto y así mejorar y alargar el tiempo de vida y soporte, avalados por control de calidad según las normas, AASHTO (T89, T96, T11,27, T90, T193, T217, T180,191T,176, T256). Se procederá a compactar la base con un rodo tandem auxiliado con agua, (se recomienda un técnico en pruebas proctor para realizar las pruebas respectivas).

Acción 4: Afinamiento y compactación: se realizará afinamiento con motoniveladora, los topógrafos colocarán guías de alturas (estacas de madera), para determinada altura final de la base, el operador de la motoniveladora afinará acorde lo solicitado en el tramo, seguido por un rodo compactador liso, la compactación debe de ser de los laterales hacia el centro de la pista, se deberá compactar la base con un rodo tandem auxiliado con agua, (se recomienda un técnico en pruebas Proctor para realizar las pruebas respectivas).

Acción 5: Sello e imprimación: se usará bituminoso curado medio (MC) a temperatura de 160 grados Celsius, esto es derivado del petróleo (asfalto) mezclado con Kerosene en este procedimiento se sellará con material secante, para esto se quiere de camión tipo cisterna con revestimiento de fibra, para mantener la temperatura adecuada.

### **Actividad 7: Aplicación de pavimento: Procedimiento.**

Acción 1: Preparación y dosificación de materiales: la mezcla de concreto hidráulico se realizara *In Situ*, por medio de una mezcladora de motor de combustión, con

cemento tipo portland, en sacos de 42.5 Kilos, con agregados gruesos y finos con base a la granulometría correspondiente, medidos con caja metálica o de madera de un pie cubico de agregado, para dosificar la mezcla en el lugar se harán los estudios correspondientes al concreto, se contará con control de calidad de concreto según las normas ASTM, AASHTO y NGO.

Acción 2: Colocación de pavimento: se procederá a replantear el ancho de la pista, con el equipo topográfico, para realizar la colocación de formaletas, se debe verificar que los anchos de pista sean los correctos, la producción de la mezcla se realizará con concretas de motor gasolina, se usarán arrastres, palas azadones, se contará con un vibrador de motor a combustión gasolina, para realizar el vibrado y así evitar la segregación (separación de agregados gruesos y agregados finos), un rastrillo para realizar el texturizado después se aplicará el anti sol con una bomba de mochila estos procedimientos se realizan con personal calificado.

Acción 3: Bordillos: se construirán bordillos de 10 cm. De ancho por 40 cm. De alto en determinadas áreas donde así se requiera, en este procedimiento se realizará la colocación de formaletas y costaneras, para fundir los bordillos estipulados, se usarán palas, azadones, se contará con un vibrador de motor a combustión para realizar el vibrado y así evitar la segregación, se ejecutará con personal adecuado.

Acción 4: Juntas de inducción a fisuras: se procederá a hacer la inducción de fisuras a cada 1.5 mts. Se marcarán las líneas con herramienta adecuada y con una cortadora de concreto a combustión gasolina.

Acción 5: Fraguado de pavimento: se procederá a cuidar el concreto durante los días de fraguado para que no tenga tránsito durante 14 días.

Acción 6: Limpieza final: se procederá a realizar limpieza final que consiste en el levantado de agregados, tierra, sobrante, limpieza de cunetas y otros del proyecto.

**Actividad 8: Obras complementarias.**

Acción 1: Señalización: se procederá a subcontratar una empresa especializada en el tema de señalización, esta empresa deberá contar con equipo profesional para la aplicación de pintura térmica para colocación de la misma en ambos carriles y línea central y sus reflectivos nocturnos.

Acción 2: Rotulación: se procederá a realizar rotulaciones del proyecto tales como desvíos, curvas, límites de velocidad, poblados próximos y vallas publicitarias del mismo, por la misma empresa subcontratada.

Acción 3: Protecciones viales. Se procederá a instalar protecciones viales donde sea necesarios y puntos estratégicos, por la misma empresa subcontratada.

## Anexo 2. Matriz de estructura lógica.

Componentes del Plan	Indicadores	Medios de verificación	Supuestos
<p><b>Objetivo general.</b> Disminuir cantidad de incidentes y accidentes sobre camino rural de tercer orden que conduce de aldea Pachaj hacia aldea Urbina, Cantel, Quetzaltenango.</p>	<p>Al primer año de ejecutada la propuesta, disminuye la cantidad de incidentes y accidentes sobre camino rural de tercer orden, y a la vez se soluciona la problemática en 90%.</p>	<p>Reportes de la unidad ejecutora; de la Policía Nacional Civil (P.N.C.); de los Bomberos Voluntarios (96 Cía.); encuestas a habitantes mayores de 18 años.</p>	<p>La unidad ejecutora en conjunto con COVIAL, implementa la campaña de concientización sobre Buenas Prácticas de Manejo Vehicular, dirigida a conductores para concretar el objetivo general.</p> <p>Cooperantes: COVIAL.</p>
<p><b>Objetivo específico.</b> Mejorar transitabilidad en camino rural de tercer orden que conduce de aldea Pachaj hacia aldea Urbina, Cantel, Quetzaltenango.</p>	<p>Al primer año de implementada la propuesta, se mejora la transitabilidad en camino rural de tercer orden y se concreta el 95% de solución identificada al problema central.</p>	<p>Reportes de la unidad ejecutora; de la Policía Nacional Civil (P.N.C.); de los Bomberos Voluntarios (96 Cía.); encuestas a habitantes mayores de 18 años.</p>	<p>La unidad ejecutora implementa el programa de mantenimiento vial enfocado a garantizar la transitabilidad del área y con ello alcanzar el objetivo específico.</p>
<p><b>Resultado 1:</b> Se cuenta con la Dirección de Municipal de Planificación (D.M.P.) de la Municipalidad de Cantel, Quetzaltenango</p>			

como como Unidad Ejecutora.			
<b>Resultado 2:</b> Se elabora anteproyecto de Proyecto para aplicación de pavimento rígido en camino rural de tercer orden que conduce de aldea Pachaj hacía aldea Urbina, Cantel, Quetzaltenango.			

Fuente: Hernández, E., julio de 2022.

### **Anexo 3. Presupuesto.**

Como se puede percibir en el anexo que a continuación se presenta, se enlistan los resultados y al mismo tiempo el costo unitario por cada uno de ellos, finalmente se detalla también el costo total de la propuesta para solucionar la problemática identificada en el árbol de problemas.

Presupuesto		
No. Resultado	Descripción	Costo unitario
1	Unidad ejecutora	Q45,000.00
2	Presupuesto de inversión de proyecto para la aplicación de pavimento rígido, en camino rural de tercer orden que conduce de aldea Pachaj hacía aldea Urbina, Cantel, Quetzaltenango.	Q5,184,661.08
Total		Q5,229,661.08

#### **Anexo 4. Otros anexos.**

##### **Anexo 4.1. Memoria de cálculo para diseño de pavimento del proyecto.**

###### **Especificaciones técnicas de diseño de pavimento.**

Para elaborar la memoria de cálculo se trabajará, por medio del método simplificado a través de los pasos que este sugiere en el diseño de pavimento, los cuales se representan por medio de tablas en el anexo 4.2.

Para la elaboración de este diseño se utilizará el método simplificado, este método es aplicado al no ser posible obtener datos de carga por eje, se utilizan tablas basadas en la distribución compuesta de tráfico clasificado en diferentes categorías de carreteras y de tipos de calle (en la tabla 5 del anexo 4.2), estas tablas están calculadas para una vida útil proyectada de 20 años y se basan solamente en un tránsito estimado en la vía.

Este método sugiere un diseño basado en experiencias generales de comportamiento de pavimentos, hechos a escala natural, sujetos a ensayos, controles de tráfico, acción de juntas y bordillos de concretos. Este método asume que el peso y el tráfico de camiones de ambos carriles de la carretera para prevenir sobrecargas.

La capa de rodadura tendrá un espesor uniforme de 15 centímetros.

Se diseñó con el método simplificado a bases de tablas.

Los bordillos serán prefabricados, con las medidas especificadas, en los planos.

Las juntas longitudinales serán de expansión y las transversales de construcción.

Las juntas serán selladas con material elastómero.

La distancia entre juntas no deberá exceder los 3.60 metros.

Las muestras para pruebas de resistencia deben tomarse de acuerdo al método establecido en norma AASHTO T-14, los cilindros deben trabajados de acuerdo a la norma AASHTO T-22.

La secuencia de cálculo para el dimensionamiento de espesor de la losa en un pavimento rígido que utiliza el método simplificado, como se detalla a continuación:  
Determinar la categoría de la vía según los criterios de la tabla No.7 (Anexo 4.2).

Establecer el tipo de junta (en esta categoría no aplica).

Decidir, excluir o incluir hombros o bordillos en el diseño.

Determinar el módulo de ruptura del concreto 42 y 46 kg/cm<sup>2</sup>.

Determinar el módulo de reacción K de la subrasante. Se puede encontrar un valor aproximado, a través del porcentaje de CBR (California Bearing Ratio), Ensayo de relación de soporte California parámetro del suelo que cuantifica su capacidad resistente. (Tabla No. 1 Anexo 4.2).

Determinar el rango de módulo de reacción de acuerdo a su condición de apoyo. (Tabla No. 6 del Anexo 4.2).

Determinar el tránsito promedio diario o su porcentaje promedio diario de vehículos según (Tabla No.7 Anexo 4.2).

Determinar el espesor de la losa como lo indica (Tabla No. 8 del Anexo 4.2).

Proyecto para la aplicación de pavimento rígido en camino rural de tercer orden que conduce de aldea Pachaj hacia aldea Urbina, Cantel, Quetzaltenango.

Tipo de suelo: clasificación de suelo según AASHTO M145 es tipo A-6 (5) en sus características físicas es un suelo Limo Arena arcilloso (color café rojizo), (Tabla No.1 Anexo 4.4).

Ancho de calzada: 5 metros de acuerdo al tipo de tráfico y ancho de carretera cada carril de 2.50 mts., (Tabla No. 5 Anexo 4.2).

TPD (Tráfico Promedio Diario): tipo E, 100 A 500. (Tabla No. 5 Anexo 4,2)

Relación de soporte CBR (Estudio de suelo tabla No.1 Anexo 4.4).

Valor soporte lbs/pulgadas<sup>2</sup>, (Tabla No. 1 Anexo 4.2)

Valor promedio de K: se encuentra el valor de K. (Tabla No. 6 Anexo 4.2).

Condición de apoyo MEDIO: este valor se encuentra en (Tabla No. 6 Anexo 4.2).

Módulo de ruptura (MR): se recomienda usar el módulo de ruptura;  $MR=42\text{kg/cm}^2$ .  
por las condiciones de la subrasante (Tabla No. 8 Anexo 4.2).

Clasificación de tránsito: las características, para clasificar por categoría de carga,  
por eje número 1. (Tabla No. 7 Anexo 4.2).

Se utilizará lo que corresponde a la categoría de carga de eje número 1, pavimentos  
con junta de trabazón de agregado (no se necesita pasa juntas.) se determina que el  
espesor de la losa será de 15 centímetros (Tabla No. 8 Anexo 4.2).

T=15 centímetros

(Nota ver tablas en anexo 4.2)

**Anexo 4.2 Tablas para diseño de pavimento.**

**Tabla No. 1. Interrelación aproximada de la Clasificación de Suelos y algunas propiedades.**

RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR)																								
2	3	4	5	6	7	8	9	10	15	20	25	30	40	60	80	100								
SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS DE LA A.T.S.M.													GP	GW										
													CM											
													GC											
													GW											
													SM											
													SP											
													SC											
													CH						ML					
													CH						CL					
													OL											
MH																								
CLASIFICACIÓN DE SUELOS DE LA A.A.S.H.T.O.													A-1-a											
													A-1-b											
													A-2-4						A-2-5					
													A-2-6				A-2-7							
													A-3											
													A-4											
													A-5											
A-6																								
A-7-5						A-7-6																		
CLASIFICACIÓN DE SUELOS DE LA ADMINISTRACIÓN FEDERAL DE AVIACIÓN													E-1											
													E-2											
													E-3											
													E-4											
													E-5											
													E-6											
													E-7											
													E-8											
													E-9											
													E-10											
													E-11											
													E-12											
VALOR DE RESISTENCIA (R)																								
5		10		20		30		40		50		60		70										
MODULO DE REACCIÓN DE LA SUBRASANTE (k) LBS/PULG <sup>3</sup>																								
100		150		200		250		300		400		600		700										
VALOR DE SOPORTE LBS/PULG <sup>2</sup>																								
10			20			30			40			50			60									
RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR)																								
2	3	4	5	6	7	8	9	10	15	20	25	30	40	60	80	100								

Fuente (Coronado, 2002).

Tabla No. 2. Peralte recomendado, mínimas longitudes de transición y deltas mínimos.

VELOCIDAD Gº	RADIO	30			40			50			60			70			80			90			100			110			120		
		Db=27		Δ	Db=30		Δ	Db=33		Δ	Db=37		Δ	Db=40		Δ	Db=43		Δ	Db=48		Δ	Db=50		Δ	Db=53		Δ	Db=58		Δ
		e%	Ls		e%	Ls		e%	Ls		e%	Ls		e%	Ls		e%	Ls		e%	Ls		e%	Ls		e%	Ls		e%	Ls	
1º	1145.92	BN	17	0°31'	BN	23	1°09'	BN	38	1°24'	1.4	34	1°42'	1.9	39	1°57'	2.5	45	2°15'	3.1	50	2°30'	3.8	56	2°48'	4.7	62	3°08'	5.5	67	3°21'
2º	572.96	BN	17	1°42'	BN	23	2°18'	1.9	38	2°48'	2.8	34	3°24'	3.8	39	3°54'	4.9	45	4°30'	6.2	51	5°06'	7.7	64	6°24'	9.0	79	7°54'	9.9	94	9°24'
3º	381.97	BN	17	2°33'	BN	23	3°27'	2.9	38	4°12'	4.1	34	5°06'	5.6	40	6°00'	7.3	53	7°57'	8.9	69	10°21'	9.9	83	12°27'						
4º	286.48	1.4	17	3°24'	2.5	23	4°36'	3.8	38	5°36'	5.5	35	7°00'	7.47	49	9°48'	9.1	65	13°00'	10.0	77	15°24'									
5º	229.18	1.7	17	4°15'	3.1	23	5°45'	4.8	38	7°00'	6.8	42	10°30'	8.7	58	14°30'	9.9	71	17°45'												
6º	190.99	2.1	17	5°06'	3.7	23	6°54'	5.6	32	9°36'	7.9	48	14°24'	9.6	64	19°12'															
7º	163.70	2.4	17	5°57'	4.3	24	8°24'	6.6	37	12°57'	8.8	54	16°54'	10.00	67	23°27'															
8º	143.24	2.8	17	6°48'	4.9	25	10°00'	7.4	41	16°24'	9.4	58	23°12'																		
9º	127.32	3.1	17	7°38'	5.5	28	12°36'	8.1	45	20°15'	9.8	60	27°00'																		
10º	114.59	3.5	17	8°30'	6.1	31	15°30'	8.7	48	24°30'	10.00	61	30°30'																		
11º	104.17	3.8	17	9°21'	6.6	33	18°09'	9.1	51	28°03'																					
12º	95.49	4.2	19	11°24'	7.1	36	21°36'	9.5	53	31°48'																					
13º	88.15	4.5	20	13°00'	7.6	38	24°42'	9.8	56	35°45'																					
14º	81.85	4.8	22	15°24'	8.0	40	28°00'	9.9	58	39°12'																					
15º	76.39	5.2	23	17°15'	8.4	42	31°30'	10.00	60	42°00'																					
16º	71.62	5.5	25	20°00'	8.7	44	35°12'																								
17º	67.41	5.8	26	22°06'	9.0	45	38°15'																								
18º	63.66	6.1	27	24°18'	9.3	47	42°18'																								
19º	60.31	6.4	29	27°33'	9.5	48	45°36'																								
20º	57.30	6.7	30	30°00'	9.7	49	49°00'																								
21º	54.57	7.0	32	33°36'	9.8	49	51°27'																								
22º	52.09	7.2	32	35°12'	9.9	50	55°00'																								
23º	49.82	7.5	34	39°06'	10.0	50	57°30'																								
24º	47.75	7.8	35	42°00'	10.0	50	60°00'																								
25º	45.84	7.9	36	45°00'																											
26º	44.07	8.1	37	48°09'																											
27º	42.44	8.3	37	49°57'																											
28º	40.93	8.5	38	53°12'																											
29º	39.51	8.7	39	56°33'																											
30º	38.20	8.9	40	60°00'																											
31º	36.97	9.0	41	63°33'																											
32º	35.81	9.2	41	65°36'																											
33º	34.73	9.3	42	69°18'																											
34º	33.70	9.4	42	71°24'																											
35º	32.74	9.5	43	75°18'																											
36º	31.83	9.6	43	77°24'																											
37º	30.97	9.7	44	81°24'																											
38º	30.18	9.8	44	83°34'																											

PERALTE RECOMENDADO, MÍNIMAS LONGITUDES DE TRANSICIÓN Y DELTAS MÍNIMOS

Fuente: (Dirección General de Caminos DGC, 2002).

**Tabla No. 3. Relación entre la pendiente máxima y la velocidad de diseño.**

TIPO DE CARRETERA	TIPO DE TERRENO	VELOCIDAD DE DISEÑO (Km/h)									
		30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
CARRETERA PRINCIPAL DE DOS CALZADAS	Plano	-	-	-	-	-	-	4	3	3	3
	Ondulado	-	-	-	-	-	5	5	4	4	4
	Montañoso	-	-	-	-	-	6	6	5	5	5
	Escarpado	-	-	-	-	-	7	6	6	6	-
CARRETERA PRINCIPAL DE UNA CALZADA	Plano	-	-	-	-	5	4	4	3	-	-
	Ondulado	-	-	-	6	6	5	5	4	-	-
	Montañoso	-	-	-	8	7	7	6	-	-	-
	Escarpado	-	-	-	8	8	7	-	-	-	-
CARRETERA SECUNDARIA	Plano	-	-	7	7	7	6	-	-	-	-
	Ondulado	-	11	10	10	9	8	-	-	-	-
	Montañoso	-	12	11	11	10	-	-	-	-	-
	Escarpado	15	14	13	12	-	-	-	-	-	-
CARRETERA TERCIARIA	Plano	-	7	7	7	-	-	-	-	-	-
	Ondulado	11	11	10	10	-	-	-	-	-	-
	Montañoso	14	13	13	-	-	-	-	-	-	-
	Escarpado	16	15	14	-	-	-	-	-	-	-

Fuente: (Cárdenas, 2004).

**Tabla No. 4. Valores de K para curvas según concavidad.**

Velocidad de Diseño Km/h	K para curva cóncava (V)	K para curva convexa (^)	Distancia de Visibilidad de Parada
20	2	1	20
30	4	2	30
40	6	4	40
50	9	7	55
60	12	12	70
70	17	19	90
80	23	29	110
90	29	43	135
100	36	60	160
110	42	81	185
120	50	104	210

Fuente: (Cárdenas, 2004).

**Tabla No. 5. Características geométricas de las carreteras en estado final.**

T.P.D.	CARRETERA	VELOCIDAD DE DISEÑO (K.P.H.)	ANCHO DE CALZADA (m)		ANCHO DE TERRACERÍA		DERECHO DE VIA (m)	RADIO		PENDIENTE		DISTANCIA VISIB PARADA *		DISTANCIA VISIB PASO	
			CORTE (m)	RELLENO (m)	MÍNIMO (m)	MÁXIMO (m)		MÍNIMO (m)	RECOMEN (m)	MÍNIMO (m)	RECOMEN (m)				
	TIPO "A"		2 * 7.20	25.00	24.00	50.00									
3000	REGIONES:														
A	LLANAS	100					375	3	160	200	700	750			
5000	ONDULADAS	80					225	4	110	150	520	550			
	MONTAÑOSAS	60					110	5	70	100	350	400			
	TIPO "B"		7.20	13.00	12.00	25.00									
1500	REGIONES:														
A	LLANAS	80					225	6	110	150	520	550			
3000	ONDULADAS	60					110	7	70	100	350	400			
	MONTAÑOSAS	40					47	8	40	50	180	200			
	TIPO "C"		6.50	12.00	11.00	25.00									
900	REGIONES:														
A	LLANAS	80					225	6	110	150	520	550			
1500	ONDULADAS	60					110	7	70	100	350	400			
	MONTAÑOSAS	40					47	8	40	50	180	200			
	TIPO "D"		6.00	11.00	10.00	25.00									
500	REGIONES:														
A	LLANAS	80					225	6	110	150	520	550			
900	ONDULADAS	60					110	7	70	100	350	400			
	MONTAÑOSAS	40					47	8	40	50	180	200			
	TIPO "E"		5.50	9.50	8.50	25.00									
100	REGIONES:														
A	LLANAS	50					75	8	55	70	250	300			
500	ONDULADAS	40					47	9	40	50	180	200			
	MONTAÑOSAS	30					30	10	30	35	110	150			
	TIPO "F"		5.50	9.50	8.50	15.00									
10	REGIONES:														
A	LLANAS	40					47	10	40	50	180	200			
100	ONDULADAS	30					30	12	30	35	110	150			
	MONTAÑOSAS	20					18	14	20	25	50	100			

**ESTRUCTURAS:** CARGA H-15-S-12  
 ALTURA LIBRE 4.75 m  
 ANCHO RODADURA 7.90 m

**ESFUERZOS UNITARIOS**  
 CONCRETO CLASE "A"  
 ACERO DE REFUERZO  
 ACERO ESTRUCTURAL  
 \* DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA=  
 LONGITUD MÍNIMA DE CURVA VERTICAL

**NOTAS:**

- 1) T.P.D.: Promedio de Tráfico Diario
- 2) La sección típica para carreteras tipo "A", incluye isla central de 1.5 m de ancho.
- 3) Las características de las estructuras son generales para todos los tipos de carretera, con excepción de la tipo "A", en donde el ancho es doble.
- 4) La calidad de la capa de recubrimiento para calzada podrá ser para carreteras Tipo "A": Hormigón, Concreto asfáltico (caliente o frío) o tratamiento superficial Múltiple; para tipo "B" y "C" Concreto asfáltico (frío o caliente) o tratamiento superficial doble; para tipo "D": Trat. Sup. Doble; para tipo "E", Trat. Sup. Simple, y para tipo "F": Recubrimiento de material selecto.

Fuente: ((DGC), 2002).

**Tabla No. 6. Tipos de suelos de subrasante y valores aproximados de k.**

Tipos de suelo de apoyo y sus módulos de reacción k aproximados		
Tipo de suelo	Condición de apoyo	Rango en los módulos de reacción k en kg/cm <sup>3</sup>
Limos arcillas plásticas	Bajo	2.0 – 3.35
Arenas y mezclas de arena y gravas con cantidades moderadas de limo arcilla	Medio	3.6 – 4.7
Arenas y mezclas de arena y gravas prácticamente libre de finos	Alto	5.0 – 6.0
Sub-bases estabilizadas con cemento	Muy Alto	6.9 – 11.0

Fuente: (Rodríguez y Lazo).

**Tabla No. 7. Categorías de carga por eje.**

<b>CATEGORÍAS DE TRÁFICO EN FUNCIÓN DE CARGA POR EJE</b>						
<b>CATEGORÍA POR EJE</b>		<b>TPDA</b>	<b>TPPD</b>		<b>CARGA MÁXIMA POR EJE</b>	
<b>Cargados</b>	<b>Descripción</b>		<b>%</b>	<b>Por día</b>	<b>Eje sencillo</b>	<b>Ejes dobles</b>
1	Calles residenciales, carreteras rurales y secundarias (cajo a medio)	200 – 800	1 – 3	Hasta 25	22	36
2	Calles colectoras, carreteras rurales y secundarias (altas), carreteras primarias y calles arteriales (bajo)	700 – 5000	5 – 18	40 – 1000	26	44
3	Calles arteriales, carreteras primarias (medio), super carreteras o interestatales urbanas y rurales (bajo y medio)	3000 – 12000 en 2 carriles 3000 – 5000 en 4 carriles	8 – 30	500 – 1000	30	52
4	Calles arteriales, carreteras primarias, super carreteras (altas) interestatales urbanas (altas) interestatales urbanas y rurales (medio a alto)	3000 – 20000 en 2 carriles 3000 – 150000 en 4 carriles o más	8 – 30	1500 – 8000	34	60

Fuente: (Rodríguez y Lazo).

**Tabla No. 8. TPPD permisible\*, categoría de carga por eje No. 1, pavimentos con junta de trabazón de agregado (no se necesitan pasajuntas).**

	Sin hombros de concreto o bordillo					Con hombros de concreto o bordillo				
	Espesor de losa		Soporte Sub-rasante, Sub-base			Espesor de losa		Soporte Sub-rasante, Sub-base		
	cm.	plg.	Bajo	Medio	Alto	cm.	plg.	Bajo	Medio	Alto
MR= 46 kg/cm <sup>2</sup> ≈ 650 PSI						10.0	4.0		0.2	0.9
	11.5	4.5			0.1	11.5	4.5	2	8	25
	12.5	5.0	0.1	0.8	3	12.5	5.0	30	130	330
	14.0	5.5	3	15	45	14.5	5.5	320		
	15.0	6.0	40	160	430					
	16.5	6.5	330							
MR= 42 kg/cm <sup>2</sup> ≈ 600 PSI	12.5	5.0		0.1	0.4	10.0	4.0			0.1
	14.0	5.5	0.5	3	9	11.5	4.5	0.2	1	5
	15.0	6.0	8	36	98	12.5	5.0	6	27	75
	16.5	6.5	76	300	760	14.5	5.5	73	290	730
	17.8	7.0	520			15.0	6.0	610		
MR= 39 kg/cm <sup>2</sup> ≈ 550 PSI	14.0	5.5	0.1	0.3	1	11.5			0.2	0.6
	15.0	6.0	1	6	18	12.5	5.0	0.8	4	13
	16.5	6.5	13	60	160	14.0	5.5	13	57	150
	17.8	7.0	110	400		15.0	6.0	130	480	
	19.0	7.5	620							

NOTA: El diseño controla el análisis por fatiga. Una fracción de TPPD indica que el pavimento puede soportar un número ilimitado de camiones para pasajeros, automóviles y pick-ups, pero pocos vehículos pesados por semana (TPPD 0.3X7 días indica dos camiones pesados por semana). TPPD excluye camiones de dos ejes y cuatro llantas, de manera que el número de camiones permitidos puede ser mayor.

Fuente: (Salazar, 1997).

**Tabla No. 9. TPPD permisible\*, categoría de carga por eje No. 2, pavimentos con pasajuntas.**

	Sin hombros de concreto o bordillo						Con hombros de concreto o bordillo					
	Espesor de losa		Soporte Sub-rasante, Sub-base				Espesor de losa		Soporte Sub-rasante, Sub-base			
	cm.	plg.	Bajo	Medio	Alto	Muy alto	cm.	plg.	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
MR= 46 kg/cm <sup>2</sup> ≈ 650 PSI	14.0	5.5				5	13.0	5.0		3	9	42
	15.0	6.0		4	12	59	14.0	5.5	9	42	120	450
	16.5	6.5	9	43	120	490	15.0	6.0	96	380	970	3400
	18.0	7.0	80	320	840	3100	16.5	6.5	710	2600		
	19.0	7.5	490	1900			18.0	7.0	4200			
	20.0	8.0	2500									
MR= 42 kg/cm <sup>2</sup> ≈ 600 PSI	15.0	6.0				11	13.0	5.0			1	8
	16.5	6.5		8	24	110	14.0	5.5	1	8	23	98
	18.0	7.0	15	70	190	750	15.0	6.0	19	84	220	810
	19.0	7.5	110	440	1100		16.5	6.5	160	620	1500	5200
	20.0	8.0	590	2300			18.0	7.0	1000	3600		
	22.0	8.5	2700									
MR= 39 kg/cm <sup>2</sup> ≈ 550 PSI	16.5	6.5			4	19	14.0	5.5			3	17
	17.8	7.0		11	34	150	15.0	6.0	3	14	41	160
	19.0	7.5	19	84	230	890	16.5	6.5	29	120	320	1100
	20.0	8.0	120	470	1200		18.0	7.0	210	770	1900	
	22.0	8.5	560	2200			19.0	7.5	1100	4000		
	23.0	9.0	2400									

NOTA: El diseño controla el análisis por fatiga. TPPD excluye camiones de dos ejes y cuatro llantas, de manera que el número de camiones permitidos será mayor.

Fuente: (Salazar, 1997).

**Tabla No. 10. TPPD permisible\*, categoría de carga por eje No. 2, pavimentos con trabazón de agregado en juntas.**

	Sin hombros de concreto o bordillo						Con hombros de concreto o bordillo					
	Espesor de losa		Soporte Sub-rasante, Sub-base				Espesor de losa		Soporte Sub-rasante, Sub-base			
	cm.	plg.	Bajo	Medio	Alto	Muy alto	cm.	plg.	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
MR= 46 kg/cm <sup>2</sup> ≈ 650 PSI							12.5	5.0		3	9	42
	14.0	5.5				5	14.0	5.5	9	42	120	450
	15.0	6.0		4	12	59	15.0	6.0	96	380	700*	970*
	17.0	6.5	9	43	120	490	17.0	6.5	650*	1000*	1400*	2100*
	18.0	7.0	80	320	840	1200*	18.0	7.0	1100*	1900*		
	19.0	7.5	490	1200*	1500*							
	20.0	8.0	1300*	1900*								
MR= 42 kg/cm <sup>2</sup> ≈ 600 PSI	15.0	6.0				11	12.5	5.0			1	8
	17.0	6.5		8	24	110	14.0	5.5	1	8	23	98
	18.0	7.0	15	70	190	750	15.0	6.0	19	84	220	810
	19.0	7.5	110	440	1100	2100*	17.0	6.5	160	620	1400*	2100*
	20.0	8.0	590	1900*			18.0	7.0	1000	3600		
	22.0	8.5	1900*									
MR= 39 kg/cm <sup>2</sup> ≈ 550 PSI	17.0	6.5			4	19	14.0	5.5			3	17
	18.0	7.0		11	34	150	15.0	6.0	3	14	41	160
	19.0	7.5	19	84	230	890	17.0	6.5	29	120	320	1100
	20.0	8.0	120	470	1200		18.0	7.0	210	770	1900	
	22.0	8.5	560	2200			19.0	7.5	1100			
	23.0	9.0	2400									

\* Rige el análisis de erosión de otra manera controla el análisis por fatiga.

Fuente: (Salazar, 1997).

**Tabla No. 11. TPPD permisible\*, categoría de carga por eje No. 3, pavimentos con pasajuntas**

	Sin hombros de concreto o bordillo						Con hombros de concreto o bordillo					
	Espesor de losa		Soporte Sub-rasante, Sub-base				Espesor de losa		Soporte Sub-rasante, Sub-base			
	cm.	plg.	Bajo	Medio	Alto	Muy alto	cm.	plg.	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
MR= 46 kg/cm <sup>2</sup> ≈ 650 PSI	18.0	7.5				250	17.0	6.5			83	320
	20.0	8.0		130	350	1300	18.0	7.0	52	220	550	1900
	22.0	8.5	160	640	1600	6200	19.0	7.5	320	1200	2900	9800
	23.0	9.0	700	2700	7000	11500*	21.0	8.0	1600	5700	13800	
	24.0	9.5	2700	10800			22.0	8.5	6900	23700*		
	25.0	10.0	9900									
MR= 42 kg/cm <sup>2</sup> ≈ 600 PSI							17.0	6.5				67
	20.0	8.0			73	310	18.0	7.0			120	440
	22.0	8.5		140	380	1500	19.0	7.5		270	680	2300
	23.0	9.0	160	640	1700	6200	20.0	8.0	370	1300	3200	10800
	24.0	9.5	630	2500	6500		22.0	8.5	1600	5800	14100	
	25.0	10.0	2300	9300			23.0	9.0	6000			
MR= 39 kg/cm <sup>2</sup> ≈ 550 PSI							18.0	7.0				82
	22.0	8.5			70	300	20.0	7.5			130	480
	23.0	9.0		120	340	1300	21.0	8.0	67	270	670	2300
	24.0	9.5	120	520	1300	5100	22.0	8.5	330	1200	2900	9700
	25.0	10.0	460	1900	4900	19100	23.0	9.0	1400	4900	11700	
	27.0	10.5	1600	6500	17400		24.0	9.5	18600	18600		
	29.0	11.0	4900									

TPPD excluye camiones de dos ejes y cuatro llantas, el total de camiones permitidos puede ser mayor.

\* El diseño lo rige el análisis por erosión; de otra manera controla el criterio de fatiga.

Fuente: (Salazar, 1997).

**Tabla No. 12. TPPD permisible\*, categoría de carga por eje No. 3, pavimentos con trabazón de agregados.**

	Sin hombros de concreto o bordillo						Con hombros de concreto o bordillo					
	Espesor de losa		Soporte Sub-rasante, Sub-base				Espesor de losa		Soporte Sub-rasante, Sub-base			
	cm.	plg.	Bajo	Medio	Alto	Muy alto	cm.	plg.	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
MR= 46 kg/cm <sup>2</sup> ≈ 650 PSI							18.0	7.0		220*	510	750
	19.0	7.5			60*	250*	19.0	7.5	320*	640	890	1400
	20.0	8.0		130*	350*	830	20.0	8.0	610	1100	1500	2500
	22.0	8.5	160*	640*	900	1300	22.0	8.5	950	1800	2700	4700
	23.0	9.0	680	1000	1300	2000	23.0	9.0	1500	2900	4600	8700
	24.0	9.5	960	1500	2000	2900	24.0	9.5	2300	4700	8000	
	25.0	10.0	1300	2100	2800	4300	25.0	10.0	3500	7700		
	27.0	10.5	1800	2900	4000	6300	27.0	10.5	5300			
	28.0	11.0	2500	4000	5700	9200	28.0	11.0	8100			
	29.0	11.5	3300	5500	7900							
31.0	12.0	4400	7500									
MR= 42 kg/cm <sup>2</sup> ≈ 600 PSI	20.0	8.0			73*	310*	18.0	7.0			120*	440*
	22.0	8.5		140*	380*	1300	19.0	7.5	67*	270*	680*	1400
	23.0	9.0	160*	640*	1300	2000	20.0	8.0	370*	1100	1500	2500
	24.0	9.5	630*	1500	2000	2900	22.0	8.5	950	1800	2700	4700
	25.0	10.0	1300	2100	2800	4300	23.0	9.0	1500	2900	4600	8700
	27.0	10.5	1800	2900	4000	6300	24.0	9.5	2300	4700	8000	
	28.0	11.0	2500	4000	5700	9200	25.0	10.0	3500	7700		
	29.0	11.5	3300	5500	7900		27.0	10.5	5300			
	30.0	12.0	4400	7500			29.0	11.0	8100			
MR= 39 kg/cm <sup>2</sup> ≈ 550 PSI	20.0	8.0				56*	18.0	7.0				82*
	22.0	8.5			70*	300*	19.0	7.5			130*	480*
	23.0	9.0		120*	340*	1300*	20.0	8.0	67*	270*	670*	2300*
	24.0	9.5	120*	520*	1300*	2900	22.0	8.5	330*	1200*	2700	4700
	25.0	10.0	460*	1900*	2800	4300	23.0	9.0	1400*	2900	4600	8700
	27.0	10.5	1600*	2900	4000	6300	24.0	9.5	2300	4700	8000	
	28.0	11.0	2500	4000	5700	9200	25.0	10.0	3500	7700		
	29.0	11.5	3300	5500	7900		27.0	10.5	5300			
30.0	12.0	4400	7500			28.0	11.0	8100				

TPPD excluye camiones de dos ejes y cuatro llantas, el número total de vehículos podrá ser mayor.

\* El análisis de fatiga controla el diseño, de otra manera se rige el criterio de erosión.

Fuente: (Salazar, 1997).

**Tabla No. 13. TPPD permisible\*, categoría de carga por eje No. 4, pavimentos con pasajuntas.**

	Sin hombros de concreto o bordillo						Con hombros de concreto o bordillo					
	Espesor de losa		Soporte Sub-rasante, Sub-base				Espesor de losa		Soporte Sub-rasante, Sub-base			
	cm.	plg.	Bajo	Medio	Alto	Muy alto	cm.	plg.	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
MR= 46 kg/cm <sup>2</sup> ≈ 650 PSI	20	8.0					18.0	7.0				400
	22.0	8.5		120	340	250*	19.0	7.5		240	620	2100
	23.0	9.0	140	580	1500	830	20.0	8.0	330	1200	3000	9800
	24.0	9.5	570	2300	5900	1300	22.0	8.5	1500	5300	12700	41100*
	25.0	10.0	2000	8200	18700*	2000	23.0	9.0	5900	21400	44900*	
	27.0	10.5	6700	24100*	31800*	2900	24.0	9.5	22500	52000*		
	29.0	11.0	21600	39600*		4300	25.0	10.0	45200*			
	30.0	11.5	39700*			6300						
MR= 42 kg/cm <sup>2</sup> ≈ 600 PSI	22.0	8.5				310*	19.0	7.5			130	490
	23.0	9.0		120	340	1300	20.0	8.0		270	690	2300
	24.0	9.5	120	530	1400	2000	22.0	8.5	340	1300	3000	9900
	25.0	10.0	480	1900	5100	2900	23.0	9.0	1400	5000	12000	40200
	27.0	10.5	1600	6500	17500	4300	24.0	9.5	5200	18800	45900	
	28.0	11.0	4900	21400	53800*	6300	25.0	10.0	18400			
	29.0	11.5	14500	65000*		9200						
	30.0	12.0	44000									
MR= 39 kg/cm <sup>2</sup> ≈ 550 PSI	20.0	9.0				260	20.0	8.0			130	480
	22.0	9.5			280	1100	22.0	8.5		250	620	2100
	23.0	10.0		390	1100	4000	23.0	9.0	280	1000	2500	8200
	24.0	10.5	320	1400	3600	13800	24.0	9.5	1100	3900	9300	30700
	25.0	11.0	1000	4300	11600	46600	25.0	10.0	3800	13600	32900	
	27.0	11.5	3000	13100	37200		27.0	10.5	12400	46200		
	28.0	12.0	8200	40000			28.0	11.0	40400			

TPPD excluye camiones de dos ejes y cuatro llantas, el número de camiones permitido podrá ser mayor.

\* El diseño queda regido por el criterio de erosión; de otra manera controla el criterio de fatiga.

Fuente: (Salazar, 1997).

**Tabla No. 14. TPPD permisible\*, categoría de carga por eje No. 4, pavimentos con trabazón de agregados.**

	Sin hombros de concreto o bordillo						Con hombros de concreto o bordillo					
	Espesor de losa		Soporte Sub-rasante, Sub-base				Espesor de losa		Soporte Sub-rasante, Sub-base			
	cm.	plg.	Bajo	Medio	Alto	Muy alto	cm.	plg.	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
MR= 46 kg/cm <sup>2</sup> ≈ 650 PSI	20.0	8.0				270*	18	7.0			100*	400*
	22.0	8.5		120*	340*	990	19	7.5		240*	620*	910
	23.0	9.0	140*	580*	1100	1500	20	8.0	330*	770	1100	1700
	24.0	9.5	570*	1200	1600	2300	22.0	8.5	720	1300	1900	3100
	25.0	10.0	1100	1700	2200	3400	23.0	9.0	1100	2100	3200	5700
	27.0	10.5	1500	2300	3200	4900	24.0	9.5	1700	3400	5500	10200
	28.0	11.0	2000	3300	4500	7200	25.0	10.0	2600	5500	9200	17900
	29.0	11.5	2700	4500	6300	10400	28.0	11.0	5900	13600	24200	
	30.0	12.0	3600	6100	8800	14900	30.0	12.0	12800			
	33.0	13.0	6300	11100	16800							
36.0	14.0	10800										
MR= 42 kg/cm <sup>2</sup> ≈ 600 PSI	22.0	8.5				300*	19.0	7.5			130*	490*
	23.0	9.0		120*	340*	1300*	20.0	8.0		270*	690*	1700
	24.0	9.5	120*	530*	1400*	2300	22.0	8.5	340*	1300*	1900	3100
	25.0	10.0	480*	1700	2200	3400	23.0	9.0	1100	2100	3200	5700
	27.0	10.5	1500	2300	3200	4900	24.0	9.5	1700	3400	5500	10200
	28.0	11.0	2000	3300	4500	7200	25.0	10.0	2600	5500	9200	17900
	29.0	11.5	2700	4500	6300	10400	28.0	11.0	5900	13600	24200	
	30.0	12.0	3600	6100	8800	14900	30.0	12.0	12800			
	33.0	13.0	6300	11100	16800							
	36.0	14.0	10800									
MR= 39 kg/cm <sup>2</sup> ≈ 550 PSI	23.0	9.0				260*	20.0	8.0			130*	480*
	24.0	9.5			280*	1100*	22.0	8.5		250*	620*	2100*
	25.0	10.0		390*	1100*	3400	23.0	9.0	280*	1000*	2500*	5700
	27.0	10.5	320*	1400*	3200	4900	24.0	9.5	1100*	3400	5500	10200
	28.0	11.0	1000*	3300	4500	7200	25.0	10.0	2600	5500	9200	17900
	29.0	11.5	2700	4500	6300	10400	28.0	11.0	5900	13600	24200	
	30.0	12.0	3600	6100	8800	14900	30.0	12.0	12800			
	33.0	13.0	6300	11100	16800							
	36.0	14.0	10800									

TPPD excluye camiones de dos ejes y cuatro llantas, el número total de camiones podrá ser mayor. \* El análisis de fatiga controla el diseño, de otra manera se rige el criterio de erosión.

Fuente: (Salazar, 1997).

**Tabla No. 15. Factores de capacidad de carga de Terzaghi.**

Ángulo	Nc	Nq	Ny
0	5.70	1.00	0.00
1	6.00	1.10	0.01
2	6.30	1.22	0.04
3	6.62	1.35	0.06
4	6.97	1.49	0.10
5	7.34	1.64	0.14
6	7.73	1.81	0.20
7	8.15	2.00	0.27
8	8.60	2.21	0.35
9	9.09	2.44	0.44
10	9.61	2.69	0.56
11	10.16	2.98	0.69
12	10.76	3.29	0.85
13	11.41	3.63	1.04
14	12.11	4.02	1.26
15	12.86	4.45	1.52
16	13.68	4.92	1.82
17	14.60	5.45	2.18
18	15.12	6.04	2.59
19	16.56	6.70	3.07
20	17.69	7.44	3.64
21	18.92	8.26	4.31
22	20.27	9.19	5.09
23	21.75	10.23	6.00
24	23.36	11.40	7.08
25	25.13	12.72	8.34

Ángulo	Nc	Nq	Ny
26	27.09	14.21	9.84
27	29.24	15.90	11.60
28	31.61	17.81	13.70
29	34.24	19.98	16.18
30	37.16	22.46	19.13
31	40.41	25.28	22.65
32	44.04	28.52	26.87
33	48.09	32.23	31.94
34	52.64	36.50	38.04
35	57.75	41.44	45.41
36	63.53	47.16	54.36
37	70.01	53.80	65.27
38	77.50	61.55	78.61
39	85.97	70.61	95.03
40	95.66	81.27	115.31
41	106.81	93.85	140.51
42	119.67	108.75	171.99
43	134.58	126.50	211.56
44	151.95	147.74	261.60
45	172.28	173.28	325.34
46	196.22	204.19	407.11
47	224.55	241.80	512.84
48	258.28	287.85	650.67
49	298.71	344.63	831.99
50	347.50	415.14	1072.80

Fuente: (Braja M, 2001).

Tabla No. 16. Curvas verticales

CUADRO DE CURVAS						
CURVA	DELTA	RADIO	ARCO	STAN	CUERDA	Gc
C1	14°57'19.61"	81.851	21.365	10.744	21.304	14'0"0"
C2	11°10'37.33"	81.851	15.967	8.009	15.942	14'0"0"
C3	13°20'38.66"	9.549	2.224	1.117	2.219	120'0"2"
C4	54°34'0.24"	23.873	22.736	12.313	21.887	48'0"1"
C5	10°44'20.44"	57.296	10.739	5.385	10.723	20'0"0"
C6	42°0'5.47"	20.104	14.737	7.717	14.410	57'0"1"
C7	10°37'0.03"	95.493	17.694	8.873	17.669	12'0"0"
C8	28°13'44.36"	57.296	28.229	14.407	27.944	20'0"0"
C9	13°29'19.06"	143.239	33.722	16.939	33.644	08'0"0"
C10	17°33'37.42"	76.394	23.414	11.799	23.322	15'0"0"
C11	22°18'24.84"	57.296	22.307	11.297	22.166	20'0"0"
C12	12°55'45.79"	95.493	21.549	10.820	21.503	12'0"0"
C13	18°31'32.14"	63.662	20.584	10.383	20.494	18'0"0"
C14	77°34'52.86"	10.913	14.777	8.772	13.674	105'0"1"
C15	07°4'49.39"	229.183	28.322	14.179	28.304	05'0"0"
C16	12°44'8.46"	30.156	6.703	3.365	6.689	38'0"1"
C17	25°32'18.03"	44.074	19.645	9.988	19.483	26'0"0"
C18	14°54'46.56"	30.156	7.849	3.947	7.827	38'0"1"
C19	25°19'10.20"	54.567	24.114	12.257	23.918	21'0"0"
C20	16°24'56.76"	32.740	9.380	4.723	9.348	35'0"0"
C21	09°9'40.47"	286.479	45.806	22.952	45.757	04'0"0"
C22	10°52'33.34"	95.493	18.127	9.091	18.099	12'0"0"
C23	12°54'23.33"	114.592	25.813	12.961	25.758	10'0"0"

Fuente Civil cad 2018.

NOTA. Las curvas no cumplen con el reglamento debido a que existen viviendas, y paredes perimetral limitantes. Por lo cual se limitó a diseñar con el área o espacio existente.

Tabla No. 17. Curvas horizontales.

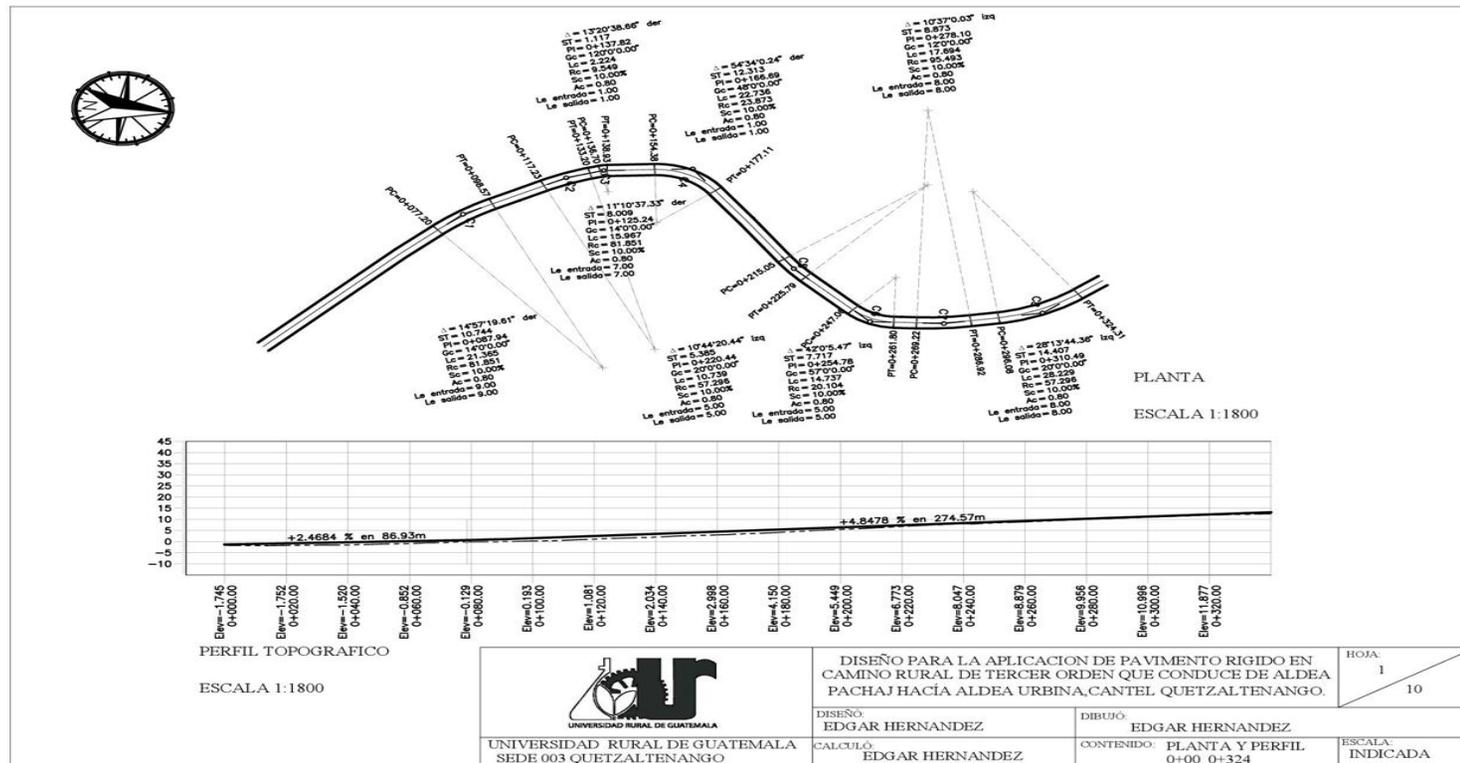
CUADRO DE CURVAS VERTICALES												
No Curva	Pendiente Entrada	Pendiente Salida	Delta	Velocidad (km/h)	Tipo de Curva	Valor de K	Criterios Longitud de Curva Vertical				Longitud de Curva	Ordenada Media
							Apariencia	Comodidad	Drenaje	Seguridad		
1	2.4684	4.8478	2.3794	30	Concava	4	71.382	5.42141772	102.3142	9.5176	20	0.059485
2	4.8478	3.2232	1.6246	30	Convexa	2	48.738	3.70162025	69.8578	3.2492	25	0.05076875
3	3.2232	1.5922	1.631	30	Convexa	2	48.93	3.71620253	70.133	3.262	25	0.05096875
4	1.5922	-1.2941	2.8863	30	Convexa	2	86.589	6.57637975	124.1109	5.7726	25	0.09019688
5	-1.2941	-1.5907	0.2966	30	Convexa	2	8.898	0.67579747	12.7538	0.5932	10	0.0037075

Fuente: Autocad Civil cad. 2018

NOTA: Ver tabla No. 4 de este mismo anexo, los valores de K, para trabajar el cuadro de curvas verticales.

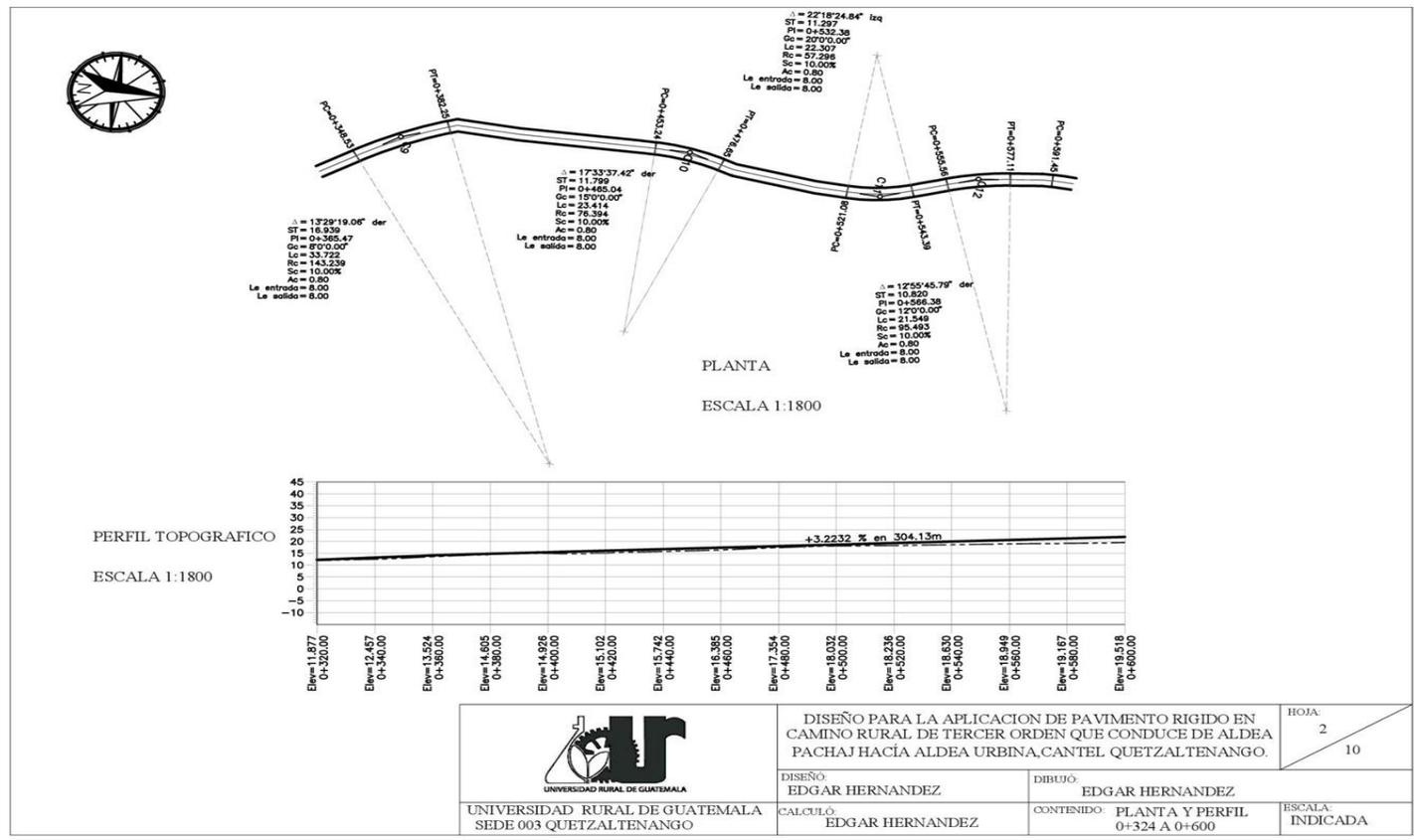
### Anexo. 4.3 Planos.

Plano 1: Planta general y perfil.



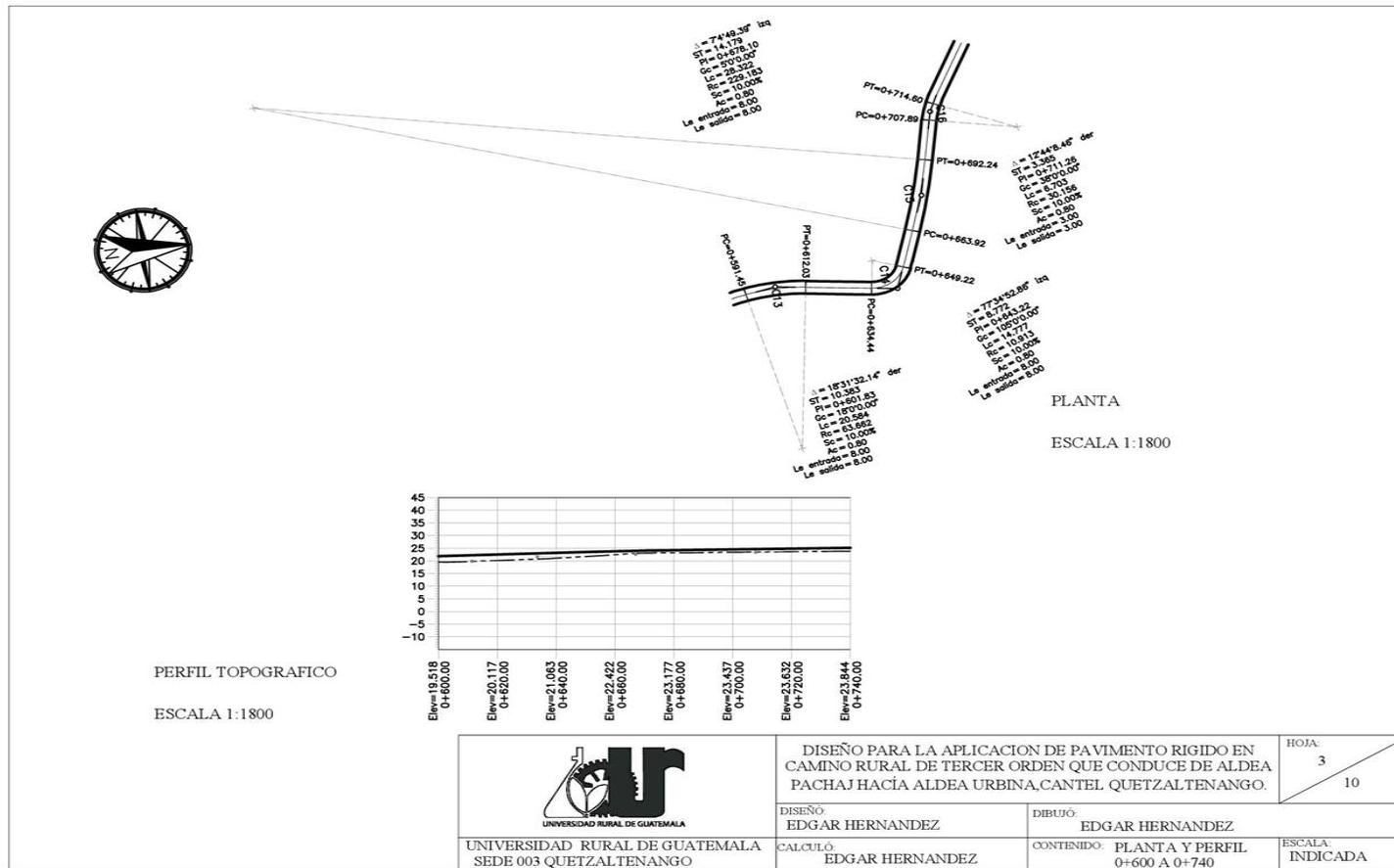
Fuente: Hernández, E., noviembre 2022.

Plano 2: Planta general y perfil.



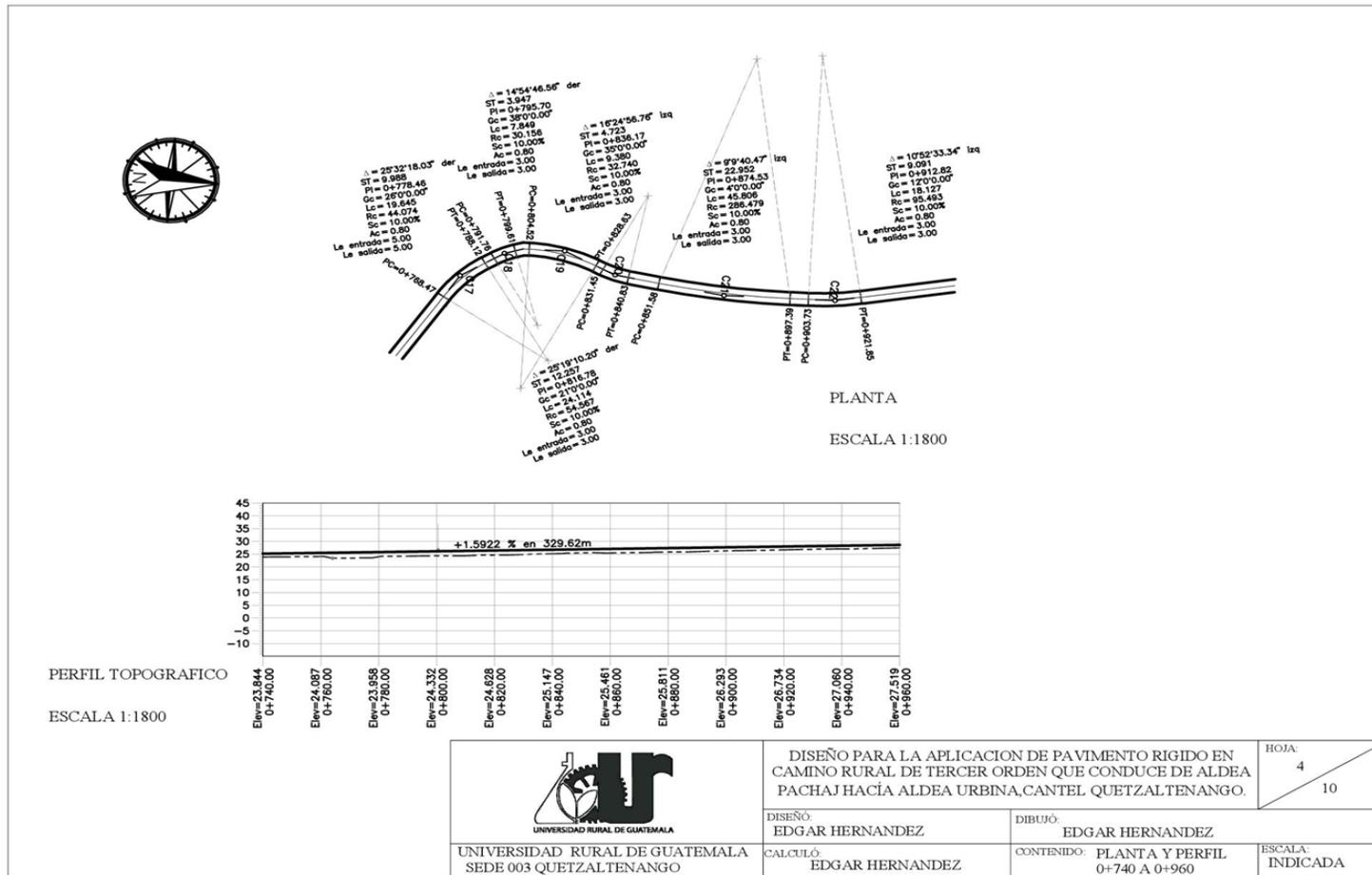
Fuente: Hernández, E., noviembre 2022.

Plano 3: Planta general y perfil.



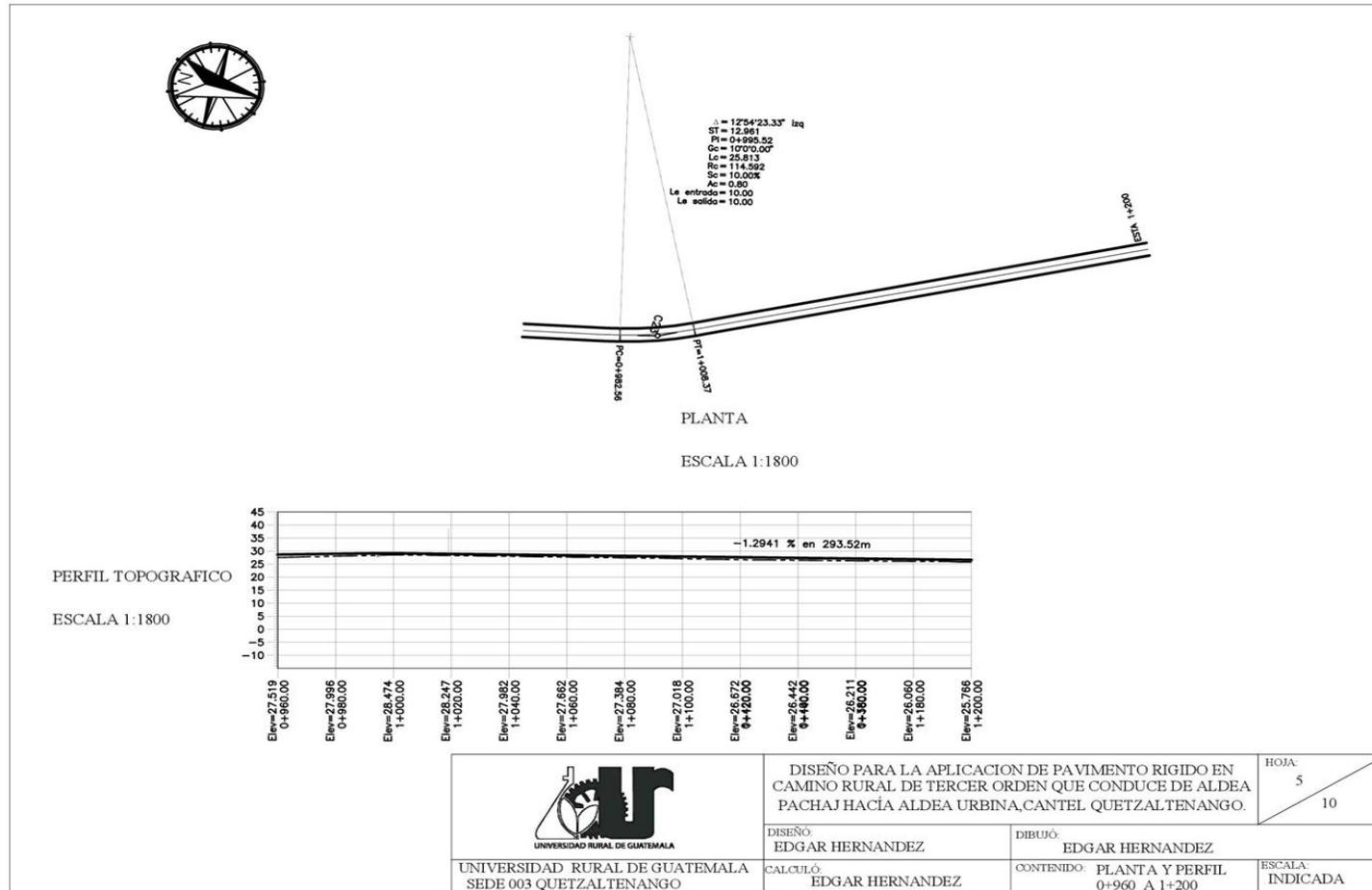
Fuente: Hernández, E., noviembre 2022.

Plano 4: Planta general y perfil.



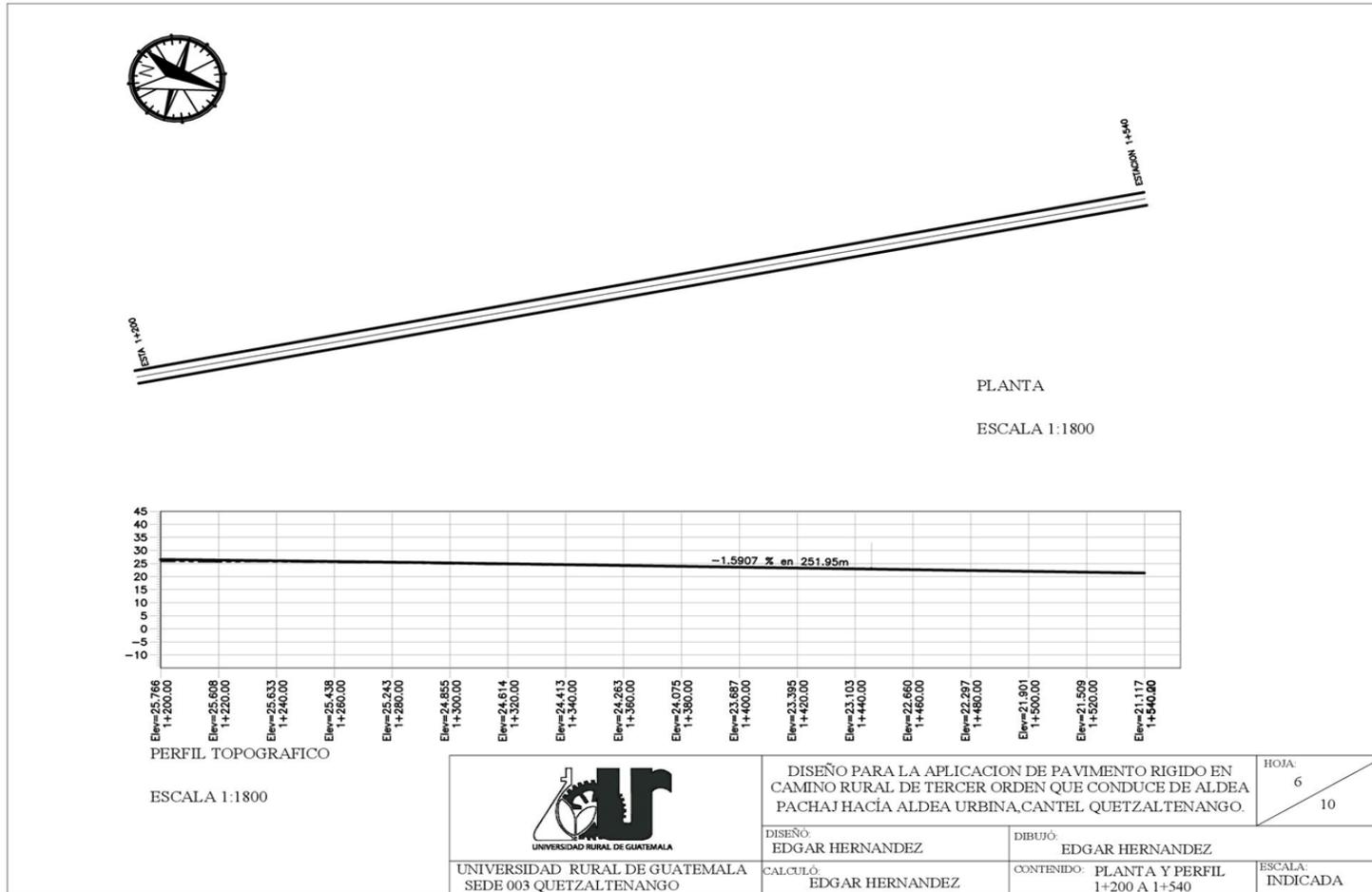
Fuente: Hernández, E., noviembre 2022.

Plano 5: Planta general y perfil



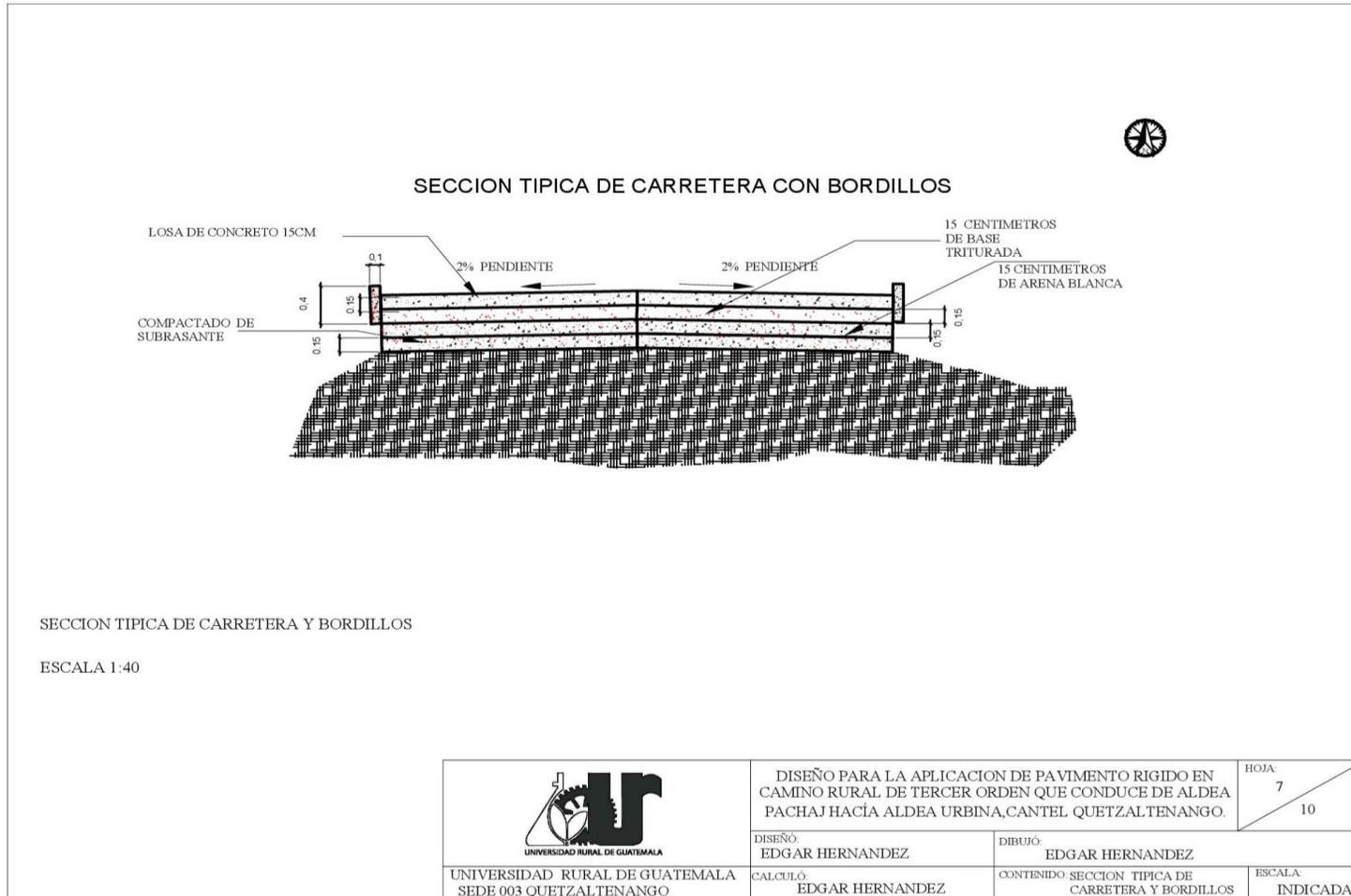
Fuente: Hernández, E., noviembre 2022.

Plano 6: Planta general y perfil



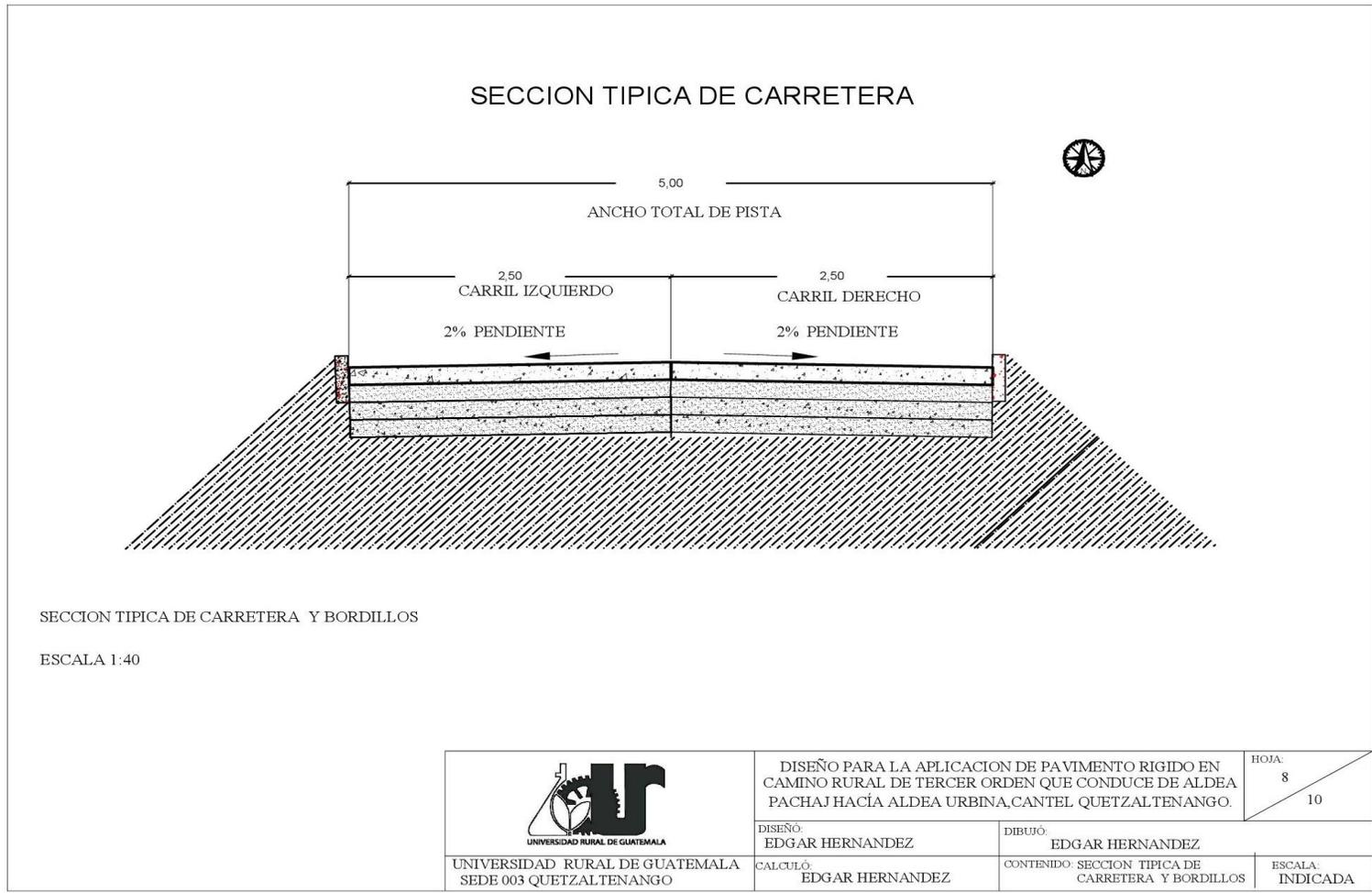
Fuente: Hernández, E., noviembre 2022

Plano 7: Sección típica de carretera y bordillo.



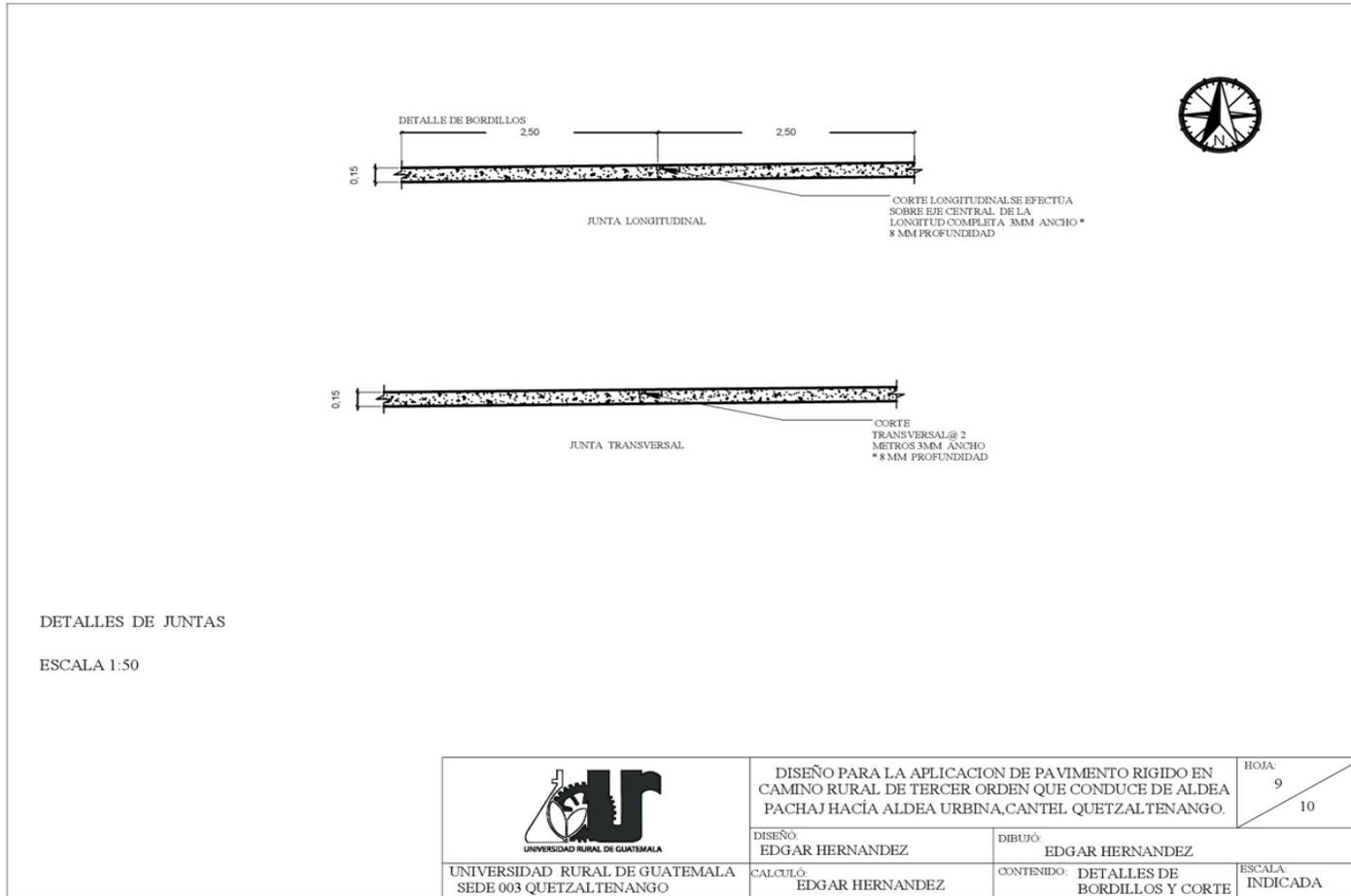
Fuente: Hernández, E., noviembre 2022

Plano 8: Sección típica de carretera y bordillo



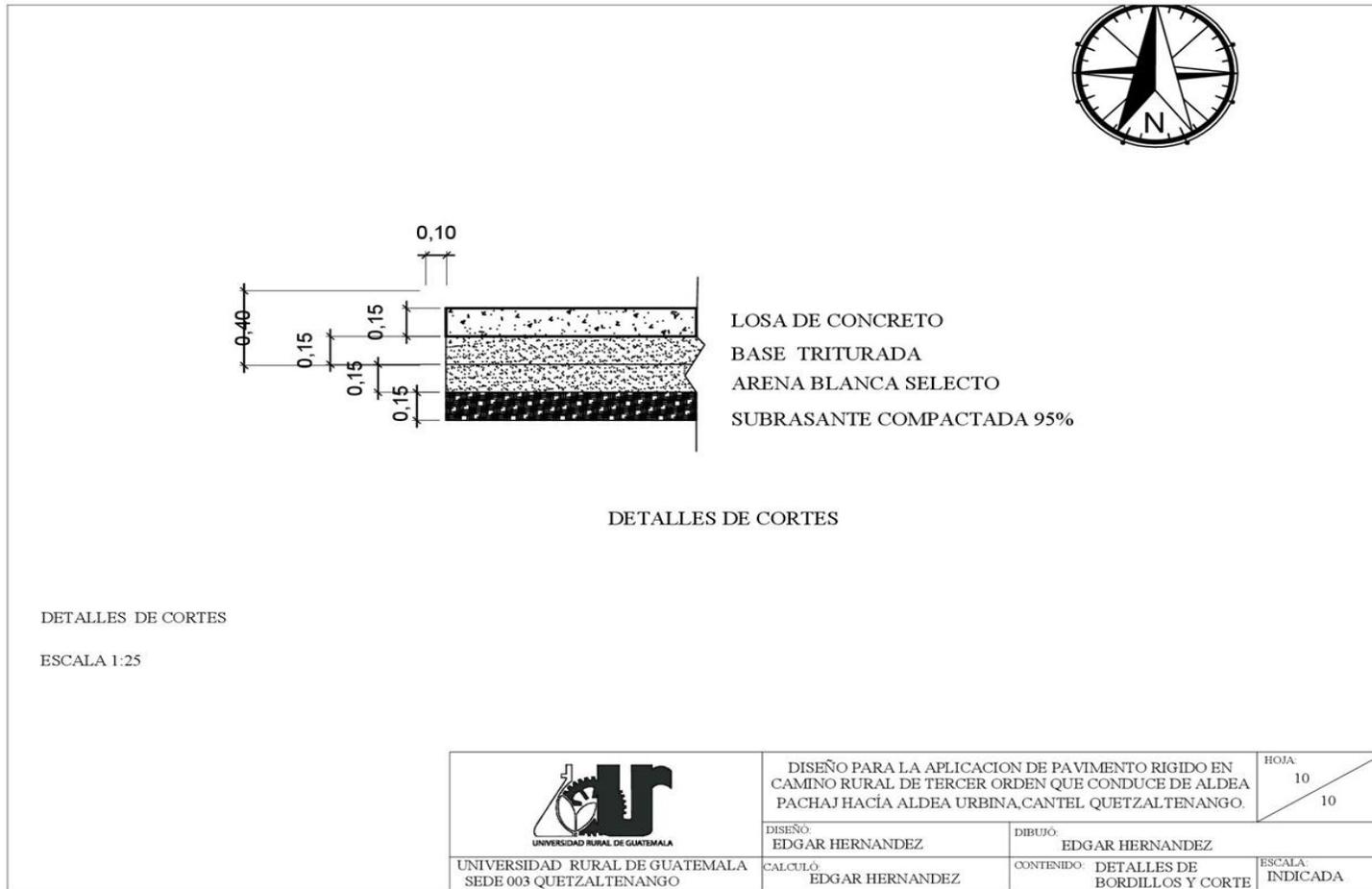
Fuente: Hernández, E., noviembre 2022

Plano 9: Detalles de bordillos y cortes.



Fuente: Hernández, E., noviembre 2022.

Plano 10: Detalles de bordillos y cortes.



Fuente: Hernández, E., noviembre 2022.

**Anexo. 4.4 Estudio de suelos.**

Cuadro No. 1: Resumen de resultados.

Laboratorio de Suelos y Materiales, "Control"  
 0 Avenida E2-67 lote 79 Zona 6  
 Colonia Transvalle, Quetzaltenango.  
 Tel: 77630886, Móvil 42174819 E-Mail vicmmargu@yahoo.com

**CUADRO DE RESUMEN DE RESULTADOS**

Proyecto para la aplicación de pavimento rígido en camino rural de tercer orden que conduce de Aldea Pachaj hacia Aldea Urbina, Cantel, Quetzaltenango.  
 Dirigido a Estudiante Edgar Augusto Hernández Rodas  
 Carné: 160030181  
 Facultad de Ingeniería, Ingeniería Civil.  
 Universidad Rural.

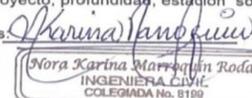
Objeto del Estudio Determinar las características de la subrasante.  
 Fecha: 6 de agosto de 2022  
 Informe No. 7307-7308

No. Lab	Est	Prof. *en mts	Análisis Granulométrico de suelos								% Hum Nat AASHTO 265	Límites de Atterberg AASHTO T-89 y T-90			Proctor AAHTO		CBR AASHTO		Clasificación AASHTO M145	Descripción visual del suelo por sedimentación
			AASHTO T-127 y T-11									LL	LP	IP	T-180 PUS MAX Lb/pie <sup>3</sup> opt	T-193 95% Comp	%	Hinch %		
			3/4"	3/8"	No.4	No.10	No.40	No.100	No.200											
7307	000+450 LD	0.30-0.70	100	100	98.2	95.5	77.9	63.2	56.8	27.1	33.5	30.0	3.5	73.3	25.5	6.2	1.10	A-6(5)	Limo arenocilloso color café rojizo	
7308	000+450 LD	0.70-1.60	100	94.3	86.3	73.7	35.7	18.8	15.2	19.2	NL	NP	---	---	---	---	---	A-1-b (0)	Gravilla (poma) y arena color blanco.	

**OBSERVACIONES:**

- Muestras analizadas tal como fueron entregadas a este laboratorio.
- La muestra de Gravilla (poma) y arena no tienen amarre (cohesión) por lo que no fue posible determinar Proctor y CBR.
- En la profundidad de 0.0 a 0.30 metros se nos reporto se encontró material orgánico.
- El hinchamiento reportado es el mas alto obtenido de los tres especimenes de cbr.
- Los datos del nombre del proyecto, profundidad, estación son los consignados tal como lo indicó el interesado.

Verificó los ensayos.  
Vo. Bo.



**Nora Karina Marrasán Rodas**  
INGENIERA CIVIL  
COLEGADA No. 8199

**CONTROL / 2022**  
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES  
DE CONSTRUCCIÓN  
Tels: (502) 7763-0886 Móvil 4217-4819  
e-mail: vicmmargu@yahoo.com

Fuente: Laboratorio de materiales y suelos CONTROL.

Nota: Ver tabla No.1, Anexo 4.2 En tablas de diseño.

Cuadro No. 2: Granulometria y limites de Atterberg.

**Laboratorio de Materiales y Suelos "Control"**  
 0 Avenida E2-67 lote 79 Colonia Transvalle Zona 6, Quetzaltenango, ciudad.  
 Tel: 77630886 Móvil: 42174819 E-Mail vicmmargu@yahoo.com

---

**GRANULOMETRIA Y LIMITES DE ATTERBERG**

Tipo de Suelo: Limo arenociloso color café rojizo.

Localización: Capa de subrasante, profundidad 0.30-0.70 m

Dirigido a: Estación 000+450 Lado Derecho  
Estudiante Edgar Augusto Hernández Rodas

Carné: 160030181

Facultad de Ingeniería, Ingeniería Civil.

Universidad Rural:

Lab. No. 7307 Fecha: 30/07/2022

Tamiz	PBR	PNR	% Ret	% Acum	% Pasa	% T.P
1/2"						
3/8"	---					100.0

No.4	94.4	7.3	1.46	1.81	98.2	98.2
No.10	100.4	13.3	2.66	4.47	95.5	95.5
No.40	175.2	88.1	17.62	22.09	77.9	77.9
No.100	160.9	73.8	14.76	36.85	63.2	63.2
No.200	118.7	31.6	6.32	43.17	56.8	56.8

Proyecto para la aplicación de pavimento rígido en camino rural de tercer orden que conduce de Aldea Pachaj hacia Aldea Urbina, Cantel, Quetzaltenango.

Tarro No.	Limite Líquido			Limite Plástico		
	155	148	229	144	233	193
PBH	70.03	61.62	60.3	50.65	34.28	34.88
PBS	52.22	46.64	46.28	41.33	29.1	29.45
TARA	10.72	10.63	11.16	10.52	11.48	11.49
PNS	41.5	36.01	35.12	30.81	17.62	17.96
DIF	17.81	14.98	14.02	9.32	5.18	5.43
% HUM	42.92	41.60	39.92	30.25	29.40	30.23
GOLPES	11	18	30	Promedio:	29.96	

**Granulometria gruesa**

P.B: \_\_\_\_\_

Tara: \_\_\_\_\_

PN: \_\_\_\_\_

**Granulometria Fina**

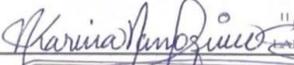
P.B: 587.1 grs.

Tara: 87.1 grs

PN: 500.00 grs.

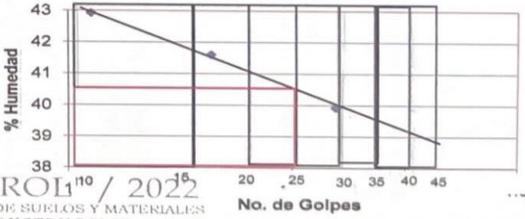
**AASHTO M-145**

Resultados:	
Limite Líquido	40.5
Limite Plástico	30.0
Índice Plástico	10.5
Clasificación	A-6 (5)



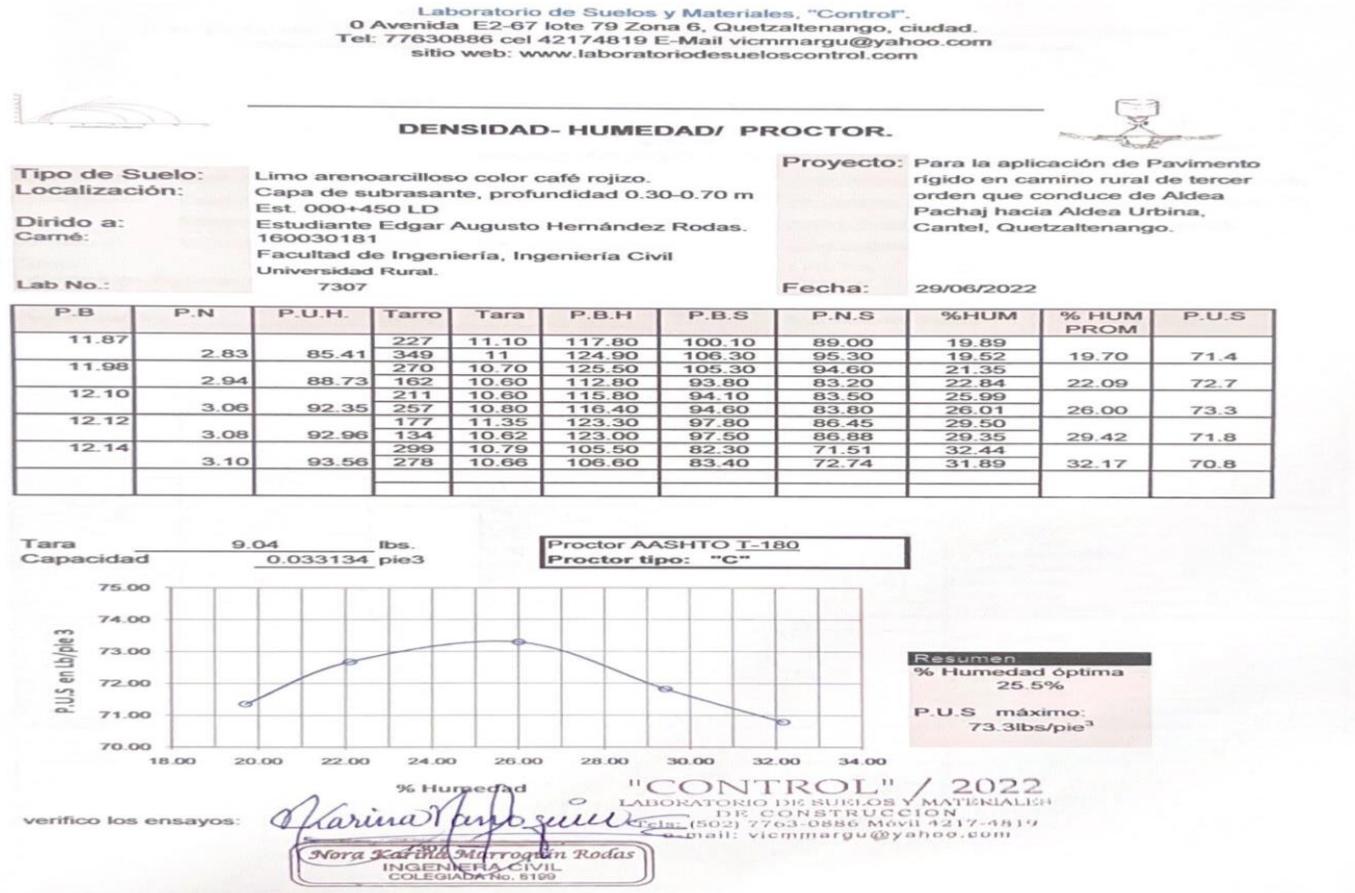
**CONTROL 10 / 2022**  
 LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCION  
 Tel: (502) 7763-0886 Móvil 4217-4819  
 e-mail: vicmmargu@yahoo.com

*Nova Karina Meryquín Rodas*  
 INGENIERA CIVIL  
 COLEGIADA No. 8199



Fuente: Laboratorio de materiales y suelos CONTROL

Cuadro No. 3: Densidad, humedad y Proctor.



Fuente: Laboratorio de materiales y suelos CONTROL.

Cuadro No. 4: Granulometria y limites de Atterberg.

**Laboratorio de Materiales y Suelos "Control"**  
 0 Avenida E2-67 lote 79 Colonia Transvalle Zona 6, Quetzaltenango, ciudad.  
 Tel: 77630886 Móvil: 42174819 E-Mail vicmmargu@yahoo.com

---

**GRANULOMETRIA Y LIMITES DE ATTERBERG**

Tipo de Suelo: Gravilla (poma) y arena color blanco.  
 Localización: Capa de subrasante, profundidad 0.70-1.60 m  
 Dirigido a: Estación 000+450 Lado Derecho  
Estudiante Edgar Augusto Hernández Rodas  
 Carné: 160030181  
 Facultad de Ingeniería, Ingeniería Civil.  
 Universidad Rural.  
 Lab. No. 7308 Fecha: 30/07/2022

Tamiz	PBR	PNR	% Ret	% Acum	% Pasa	% T.P
1/2"	---					100.0
3/8"	115.1	28.9	5.67	5.67	94.3	94.6

No.4	127.1	40.9	8.02	13.68	86.3	86.3
No.10	150.5	64.3	12.61	26.29	73.7	73.7
No.40	280.3	194.1	38.06	64.35	35.7	35.7
No.100	172.4	86.2	16.90	81.25	18.8	18.8
No.200	104.5	18.3	3.59	84.84	15.2	15.2

Proyecto para la aplicación de pavimento rígido en camino rural de tercer orden que conduce de Aldea Pachaj hacia Aldea Urbina, Cantel, Quetzaltenango.

	Limite Liquido		Limite Plastico	
Tarro No.				
PBH				
PBS				
TARA				
PNS				
DIF				
% HUM				
GOLPES			Promedio:	

**Granulometria gruesa**  
 P.B: \_\_\_\_\_  
 Tara: \_\_\_\_\_  
 PN: \_\_\_\_\_

**Granulometria Fina**  
 P.B: 596.2 grs.  
 Tara: 86.2 grs  
 PN: 510.00 grs.

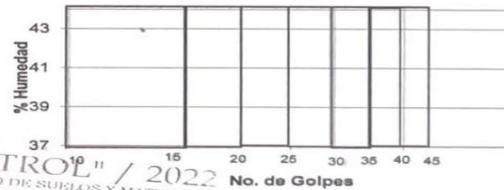
  

AASHTO M-145	
Resultados:	NL
Limite Líquido	NL
Limite Plástico	NP
Índice Plástico	---
Clasificación	A-1-b(0)



**"CONTROL" / 2022**  
 LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCION  
 (502) 7763 0886 Móvil 4217 4819  
 e-mail: vicmmargu@yahoo.com



Fuente: Laboratorio de materiales y suelos CONTROL.

Cuadro No. 5: Granulometria y limites de Atterberg

**Laboratorio de Materiales y Suelos "Control"**  
 0 Avenida E2-67 lote 79 Colonia Transvalle Zona 6, Quetzaltenango, ciudad.  
 Tel: 77630886 Móvil: 42174819 E-Mail: vicmmargu@yahoo.com

---

**GRANULOMETRIA Y LIMITES DE ATTERBERG**

Tipo de Suelo: Gravilla (poma) y arena color blanco.  
 Localización: Capa de subrasante, profundidad 0.70-1.60 m  
 Dirigido a: Estación 000+450 Lado Derecho  
Estudiante Edgar Augusto Hernández Rodas  
 Carné: 160030181  
 Facultad de Ingeniería, Ingeniería Civil.  
 Universidad Rural.

Lab. No. 7308 Fecha: 30/07/2022

Tamiz	PBR	PNR	% Ret	% Acum	% Pasa	% T.P
1/2"	---					100.0
3/8"	115.1	28.9	5.67	5.67	94.3	94.6

No.4	127.1	40.9	8.02	13.68	86.3	86.3
No.10	150.5	64.3	12.61	26.29	73.7	73.7
No.40	280.3	194.1	38.06	64.35	35.7	35.7
No.100	172.4	86.2	16.90	81.25	18.8	18.8
No.200	104.5	18.3	3.59	84.84	15.2	15.2

Granulometría gruesa		Granulometría Fina	
P.B:	_____	P.B:	596.2 grs.
Tara:	_____	Tara:	86.2 grs
PN:	_____	PN:	510.00 grs.

AASHTO M-145	
Resultados:	
Limite Líquido	NL
Limite Plástico	NP
Indice Plástico	---
Clasificación	A-1-b(0)

*Nora Karina Marroquín Rodas*  
**Nora Karina Marroquín Rodas**  
 INGENIERA CIVIL  
 COLEGIADA N. 8189

**"CONTROL" / 2022**  
 LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCION  
 (502) 7763-0886 Móvil 4217 4819  
 e-mail: vicmmargu@yahoo.com

Proyecto para la aplicación de pavimento rígido en camino rural de tercer orden que conduce de Aldea Pachaj hacia Aldea Urbina, Cantel, Quetzaltenango.

	Limite Líquido		Limite Plástico	
Tarro No.				
PBH				
PBS				
TARA				
PNS				
DIF				
% HUM				
GOLPES			Promedio:	

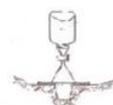
**NO LÍQUIDO**      **NO PLÁSTICO**

Fuente: Laboratorio de materiales y suelos CONTROL.

Cuadro No. 6: C.B.R Norma: AASHTO T 193.

**-Control-** Laboratorio de Suelos y Materiales  
 0 av. E2-67 lote 79 Colonia Transvalle, Zona 6 Quetzaltenango Tel: 77630886 Móvil 42174819  
 E-Mail vicmmargu@yahoo.com Website www.laboratoriodesueloscontrol.com

**C.B.R.**  
Norma: AASHTO T 193

Tipo de Suelo Limo arenocilicilloso color café rojizo. Proyecto para la aplicación de pavimento rígido  
 Localización: Capa de subrasante, profundidad 0.30-0.70 m en camino rural de tercer orden que conduce de  
Estación 000+450 Lado Derecho Aldea Pachaj hacia Aldea Urbina, Cantel,  
 Dirigido a: Estudiante Edgar Augusto Hernández Rodas Quetzaltenango.  
 Camé: 160030181 Lab. No.: 7307  
 Facultad de Ingeniería, Ingeniería Civil. Proctor: T-180  
 Universidad Rural. Fecha: 1/08/2022  
 Peso muestra: 35 lbs Incremento Agua: 777 cc

Determinación Humedad Actual:

Tarro	Tara	P.B.H.	P.B.S.	DIF	P.N.S	Hum	Prom.
284	10.70	123.3	105.1	18.20	94.4	19.28	
176	10.80	119.3	101.2	18.10	90.4	20.02	19.65

Cilindro No.	9	TARRO	121	107	No. Capas:	5
P.B.H.	21.02	TARA	10.55	10.7	No. Golpes:	10
Tara	14.52	P.B.H.	127.1	130.2	Fecha Inmersión:	1/08/2022
P.N.H	6.50	P.B.S	102.2	107.2	Fecha Salida:	5/08/2022
Capacidad	0.08091	DIFERENCIA	24.9	23.00	Lect. Inicial	0.100
P.U.H	80.34	P.N.S.	91.65	96.5	Lect. Final	0.155
P.U.S	64.01	% HUM	27.17	23.83	%Hinchamiento:	1.1
% Comp	87.3	% H. PROM	25.50			

Cilindro No.	13	TARRO			No. Capas:	5
P.B.H.	22.88	TARA			No. Golpes:	30
Tara	16.04	P.B.H.			Fecha Inmersión:	1/08/2022
P.N.H	6.84	P.B.S			Fecha Salida:	5/08/2022
Capacidad	0.079399	DIFERENCIA			Lect. Inicial	0.100
P.U.H	86.15	P.N.S.			Lect. Final	0.136
P.U.S	68.64	% HUM			%Hinchamiento:	0.72
% Comp	93.6	% H. PROM				

Cilindro No.	2	TARRO			No. Capas:	5
P.B.H.	22.12	TARA			No. Golpes:	55
Tara	14.85	P.B.H.			Fecha Inmersión:	1/08/2022
P.N.H	7.27	P.B.S			Fecha Salida:	5/08/2022
Capacidad	0.08120	DIFERENCIA			Lect. Inicial	0.100
P.U.H	89.53	P.N.S.			Lect. Final	0.125
P.U.S	71.34	% HUM			%Hinchamiento:	0.5
% Comp	97.3	% H. PROM				

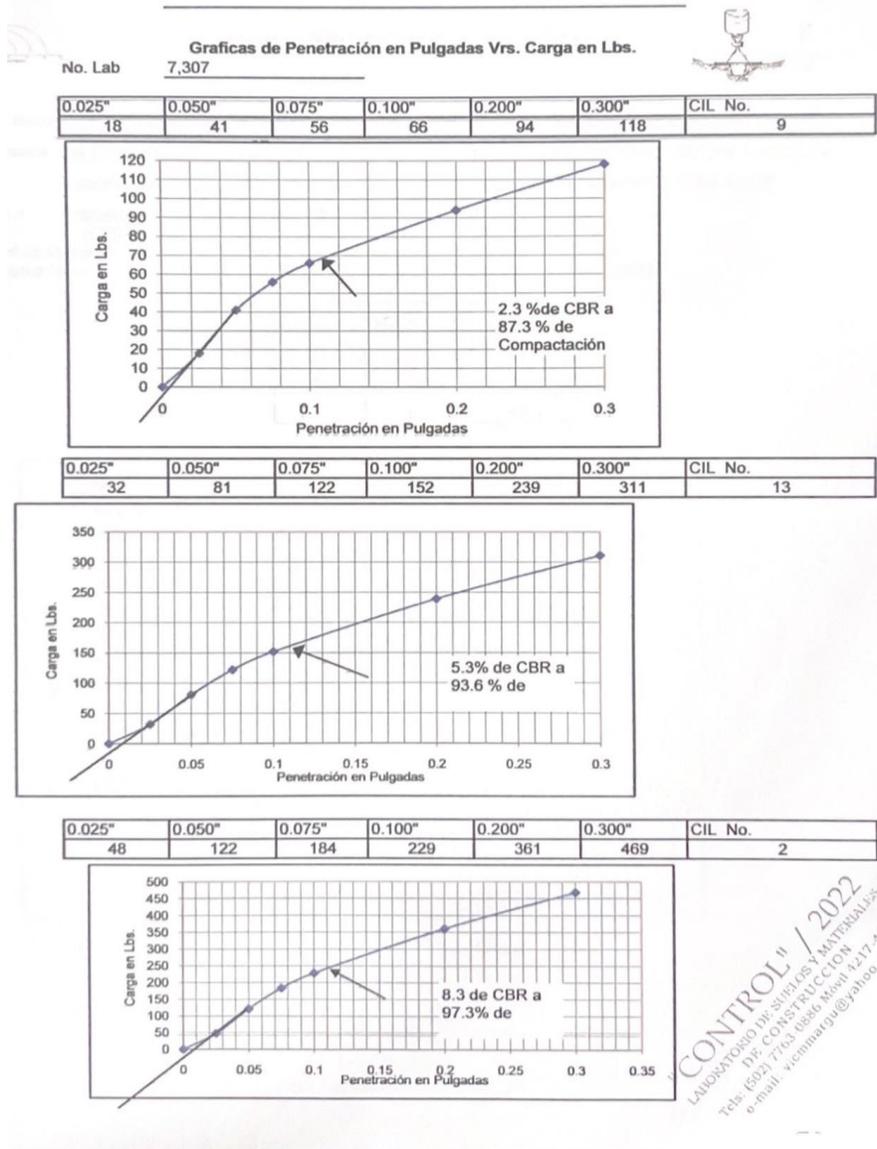
0.025	0.05	0.075	0.1	0.2	0.3	No. Cil	% Comp
18	41	56	66	94	118	9	87.3
32	81	122	152	239	311	13	93.6
48	122	184	229	361	469	17	97.3

Verificó: *[Firma]*  
 LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCION  
 0 av. E2-67 lote 79 Colonia Transvalle, Zona 6 Quetzaltenango Tel: 7763 0886 Móvil 4217-4819  
 E-Mail vicmmargu@yahoo.com Website www.laboratoriodesueloscontrol.com  
 INGENIERIA CIVIL  
 COLEGIADO No. 0199

Fuente: Laboratorio de materiales y suelos CONTROL.

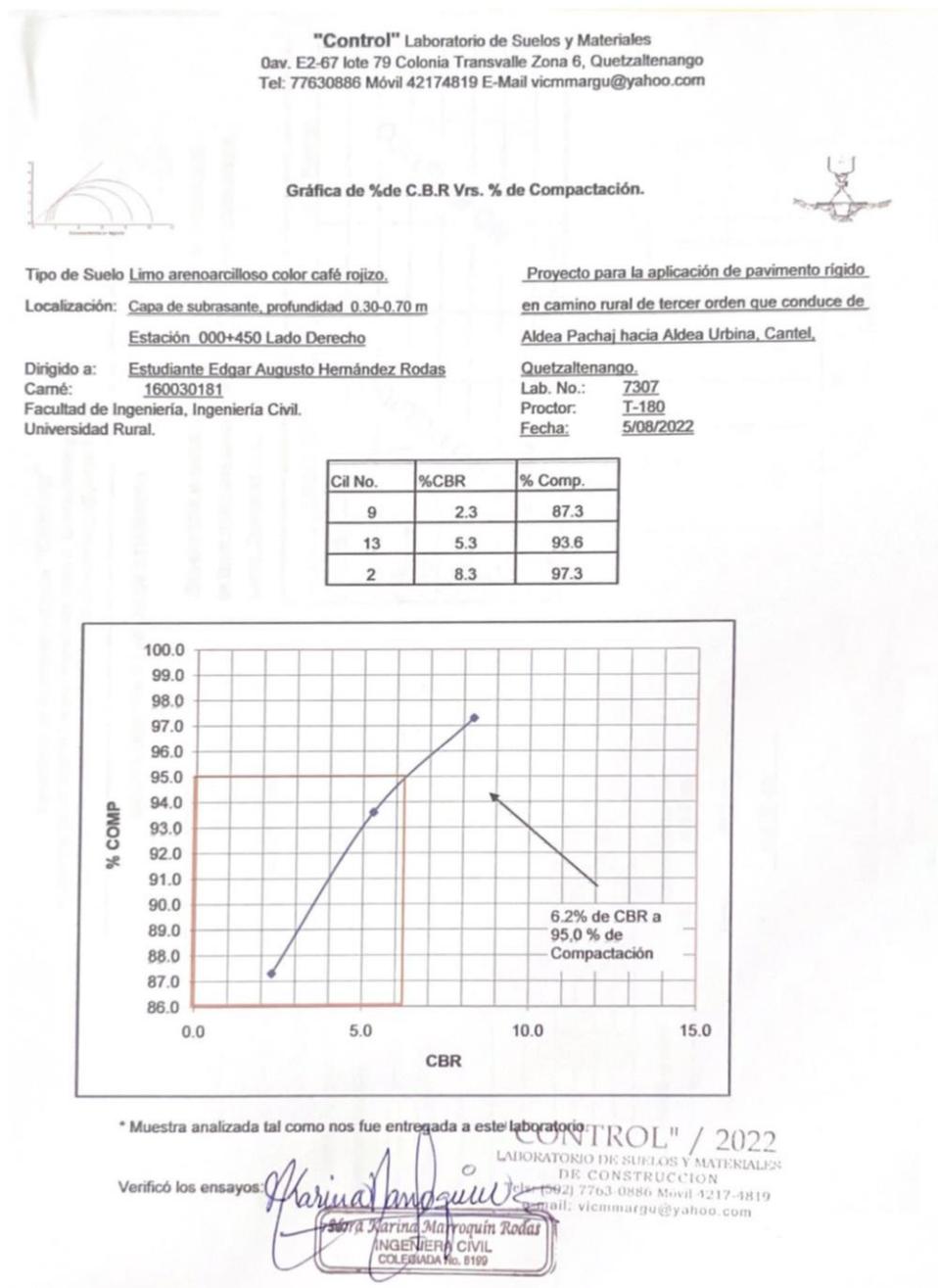
Gráfica No. 1: Gráficas de penetración en pulgadas.

"Control" Laboratorio de Suelos y Materiales  
 Oav. E2-67 lote 79 Colonia Transvalle Zona 6, Quetzaltenango  
 Tel: 77630886 Móvil 42174819 E-Mail vicmmargu@yahoo.com



Fuente: Laboratorio de materiales y suelos CONTROL.

Gráfica No. 2: Gráfica de porcentaje de C.B.R y compactación.



Fuente: Laboratorio de materiales y suelos CONTROL.